

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ**

**Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис) О.Ф. Луговський  
(ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Дипломний проект  
на здобуття ступеня бакалавра**

з спеціальності **131 Прикладна механіка**

\_\_\_\_\_  
(код і назва)

на тему: Розробка керованого (мехатронного) гідравлічного амортизатора \_\_\_\_\_

Виконав : студент 4 курсу, групи МА-61-2  
(шифр групи)

Цимбалюк Андрій Сергійович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник: к.т.н., доцент Ночніченко Ігор Вікторович \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант з охорони праці \_\_\_\_\_  
(назва розділу) ст.викладач Ковтун А.І.  
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультант з технології машинобудування к.т.н., доц. Кореньков В.М. \_\_\_\_\_  
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проекті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2020 рік

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут механіко-машинобудівний

( повна назва )

Кафедра прикладної гідروаеромеханіки і механотроніки

( повна назва )

Рівень вищої освіти - перший (бакалаврський )

Спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

О.Ф. Луговський

(підпис)

( прізвище ініціали)

“ ” 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

Цимбалюка Андрія Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту: Розробка керованого (мехатронного) гідравлічного амортизатора

керівник проекту Ночніченко Ігор Вікторович к.т.н., доцент,  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по університету від “ 20 ” травня 2020 року № 1120-с

2. Термін подання студентом проекту 09.06.2020

3. Вихідні дані до проекту розробити керований гідравлічний амортизатор з можливістю вносити корективи у його роботу в залежності від температури робочої рідини. Хід поршня- 170 мм; Діаметр поршня- 50 мм; Діаметр штока- 20 мм.

4. Зміст пояснювальної записки Розділ 1. Гідравлічні системи демпфування; Розділ 2. Розробка керованого (мехатронного) гідравлічного амортизатора; Розділ 3. Маршрутна технологія виготовлення гайки корпусу; Розділ 4. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо) 4 листи - А1

Перший лист - Складальне креслення керованого (мехатронного) гідравлічного амортизатора з клапаном із кроковим двигуном, другий – Принципова схема роботи керованих гідравлічних амортизаторів, третій – деталювання, четвертий – розрахунки в таблиці та графіку

## 6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Охорона праці	ст.викл. Ковтун А.І.		
2. Технологія машинобудування	доц. Кореньков В.М.		
3. Гідравлічні системи керування	к.т.н., доц. Ночніченко І.В.		
4. Розробка керованого (мехатронного) гідравлічного амортизатора	к.т.н., доц. Ночніченко І.В.		

7. Дата видачі завдання \_\_16.04.2020\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Огляд існуючі конструкції гідравлічних амортизаторів з регульованими характеристиками	18.04.2020	
2	Проектування принципової схеми	25.04.2020	
3	Технічний розрахунок конструкції виробу	30.04.2020	
4	Початок проектування в “Компас”	06.05.2020	
5	Вивчення впливу змін температури на характеристику амортизатора	13.05.2020	
6	Охорона праці	20.05.2020	
7	Складальне креслення керованого гідравлічного амортизатора	24.05.2020	
8	Деталіровка	27.05.2020	
9	Маршрутна технологія виготовлення гайки корпусу	30.05.2020	
10	Розрахунок впливу температури робочої рідини на характеристики	04.06.2020	
11	Представлення розрахунків у графіках	08.06.2020	

Студент

\_\_\_\_\_  
( підпис )

\_\_\_\_ **Цимбалюк А. С.** \_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

\_\_\_\_\_  
( підпис )

\_\_\_\_ **Ночніченко І.В.** \_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

# **Пояснювальна записка до дипломного проекту**

на тему: Розробка керованого (мехатронного) гідравлічного амортизатора

Київ – 2020 рік

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	3
ANNOTATION .....	4
ВСТУП.....	5

### 1. ГІДРАВЛІЧНІ СИСТЕМИ ДЕМПФУВАННЯ

1.1.Призначення амортизаторів .....	8
1.2.Класифікація амортизаторів .....	10
1.3. Двотрубний гідравлічний амортизатор і амортизатор з газовим підпором низького тиску.....	13
1.4. Однотрубний гідравлічний амортизатор з газовим підпором високого тиску.....	15
1.5. Аналіз існуючих конструкцій амортизаторів з регульованими характеристиками .....	17
1.6. Вплив характеристики амортизатора на властивості автомобіля .....	21

### 2. РОЗРОБКА КЕРОВАНОГО (МЕХАТРОННОГО) ГІДРАВЛІЧНОГО АМОРТИЗАТОРА

2.1. Розрахунок розмірів амортизатора.....	25
2.2. Технічний розрахунок конструкції виробу .....	29
2.2.1. Розрахунок мінімальної товщини стінки циліндра амортизатора .....	29
2.2.2. Розрахунок штока амортизатора на міцність.....	31
2.2.3. Розрахунок різьби штока на міцність .....	32
2.3. Розрахунок впливу керованого дроселю на роботу амортизатора .....	34
2.3.1. Залежність кінематичної в'язкості від температури .....	38

					ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка керованого (мехатронного) гідравлічного амортизатора Пояснювальна записка			Лім.	Арк.	Акрушіє
Розроб.		Цимбалюк А.С.								
Перевір.		Начніченко І.В.							1	74
Реценз.								НТУУ (КПІ)		
Н. Контр.		Гришко І.А.								
Затверд.										

### 3. МАРШРУТНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ГАЙКИ КОРПУСА

3.1. Технологічний контроль креслення.....	51
3.2. Аналіз призначення та умов роботи деталі у вузлі .....	52
3.3. Визначення типу виробництва .....	53
3.4. Відпрацювання конструкції деталі на технологічність .....	54
3.4.1. Якісні характеристики технологічності .....	54
3.4.2. Кількісні характеристики технологічності .....	55
3.5. Техніко - економічне обґрунтування вибору методу виготовлення заготовки .....	57
3.6. Вибір та обґрунтування схеми базування.....	58
3.7. Проектування технологічних послідовностей оброблення поверхонь .....	59
3.8. Проектування варіантів маршрутних технологічних процесів .....	60

### 4.ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Мікроклімат .....	64
4.2. Освітлення.....	66
4.3. Електробезпека .....	68
4.4. Пожежна безпека .....	69
4.5. Висновки .....	71

ВИСНОВКИ.....	72
---------------	----

ЛІТЕРАТУРА .....	73
------------------	----

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		2

## АНОТАЦІЯ

У запропонованому дипломному проекті проектується керований (мехатронний) гідравлічний амортизатор із керованим клапаном з кроковим двигуном з можливістю вносити корективи в характеристики амортизатора в реальному часі в залежності від температури робочої рідини та прискорення транспортного засобу. В ході проекту було розглянуто:

- Призначення, класифікацію амортизаторів та існуючі конструкції гідравлічних амортизаторів з регульованими характеристиками.
- Були поставлені цілі та задачі до дипломного проекту.
- Проведено ряд розрахунків для конструювання амортизатора та для визначення впливу керованого клапана, та температури робочої рідини на характеристики амортизатора.
- Розглянуті основні питання охорони праці, такі як мікроклімат приміщення в якому відбувалося проектування, освітлення приміщення, електробезпека роботи з персональним комп'ютером, та пожежна безпека.
- Розроблено маршрутну карту технології виготовлення гайки корпусу гідравлічного амортизатора.
- Зроблені висновки з проведеної роботи.

Терміни: керований гідравлічний амортизатор, керований клапан з кроковим двигуном, робоча рідина, статична характеристика.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		3

## ABSTRACT

The proposed diploma project designs a controlled (mechatronic) hydraulic shock absorber with a controlled valve with a stepper motor with the ability to make adjustments to the characteristics of the shock absorber in real time depending on the temperature of the working fluid and the acceleration of the vehicle. During the project it was considered:

- Purpose, classification of shock absorbers and existing designs of hydraulic shock absorbers with adjustable characteristics.
- Goals and objectives for the diploma project were set.
- A number of calculations were performed to design the shock absorber and to determine the influence of the controlled valve and the temperature of the working fluid on the characteristics of the shock absorber.
- The main issues of labor protection are considered, such as the microclimate of the room in which the design took place, lighting of the room, electrical safety of personal computer work, and fire safety.
- The route map of technology of manufacturing of a nut of the case of the hydraulic shock-absorber is developed.
- Conclusions from the work done.

Terms: controlled hydraulic shock absorber, controlled valve with stepper motor, working fluid, static characteristics.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арх.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата		4



## ВСТУП

Основою будь-якої підвіски транспортного засобу є системи підресорювання. Через системи підресорювання реалізуються рекомендації і вимоги до параметрів коливань підресорених та непідресорених мас автомобілів та вібронавантаження їх екіпажу.

Підвіска забезпечує пружний зв'язок між колесами автомобіля і його кузовом (рамою), а також згладжує коливання які викликають нерівності на шляху під час руху. Як би автомобіль не мав підвіски, водій, пасажери і вантаж піддавалися б постійним впливам від нерівностей дороги, відчували б постійні поштовхи, удари та вібрації, що виникають при русі автомобіля. Таким чином, підвіска автомобіля забезпечує необхідний комфорт водієві і пасажирам, та збереження цілості вантажу.

Від конструкції підвіски (кінематичної схеми і характеристики направляючого пристрою, навантажувальних характеристик пружних елементів і демпферних пристроїв) в значній мірі залежить поведінка автомобіля на дорозі, можливість досягнення високих швидкостей руху та безпека під час проведення маневрів.

Підвіска знижує величину силового впливу на елементи конструкції автомобіля від дороги, зменшуючи тим самим ймовірність відмов та несправностей.

В системах підвіски широко використовуються гідропневматичні та гідравлічні амортизатори, які дозволили не тільки підвищити плавність ходу автомобіля, але дали можливість створити адаптивні системи підвіски, які автоматично пристосовуються до конкретних умов руху по різних типах доріг.

На початку 1900-х основним пружним елементом підвіски були листові ресори. Зрештою, у водіїв тих часів було більше приводів для занепокоєння, ніж комфорт та якість їх поїздки - наприклад, щоб їхні автомобілі могли

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				5
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

спокійно подолати каміння та колії, які часто зустрічались на їхньому шляху, або просто доїхати до пункту призначення.

Передові виробники автомобілів з самого початку стикалися з проблемами підвищення керованості автомобілем та комфорту пасажирів. Експерименти над конструкціями підвіски привели до конструкції із шворнями та поворотними кулаками. Така конструкція вже дозволяла здійснювати поворот автомобіля повертаючи тільки керовані колеса, без повертання передньої балки підвіски. Це дозволило колесам повертатися, а вісь залишалась нерухомою. Нерівності компенсувалися введенням пружного елементу – ресори. На перших порах тертя між листами листової ресори влаштовувало конструкторів як елемент гасіння коливань підвіски. Пізніше почали розроблятися спеціальні пристрої які одночасно були зв'язані із кузовом (рамою) автомобіля та елементами підвіски і слугували для гасіння коливань, який зрештою був названий амортизатором.

Ці перші амортизатори були просто двома важелями, з'єднаними болтом з фрикційним диском між ними. Опір регулювалося шляхом затягування або ослаблення болта. Як і слід було очікувати, при постійних ударах об нерівності доріг тих часів, вони були не дуже довговічні, і продуктивність залишала бажати кращого. Згодом амортизатори перетворилися в більш складні конструкції.

Перші гідравлічні амортизатори були важільного типу, вони зв'язували дії підвіски з поршнем в заповненому маслом циліндрі. У міру вдосконалення технологій ущільнення, їхнє місце зайняв телескопічний амортизатор який залишається з нами і сьогодні. Автомобільний телескопічний амортизатор стискається і розтягується, створюючи зусилля стиснення і відбою.

Вони працюють в поєднанні з пружними елементами підвіски. Цими елементами є ресори, циліндричні пружини, торсіони, пневмо елементи (пневмоподушки), тощо. Пружний елемент служить для підтримки ваги автомобіля, та дозволяє зміщувати колесо, щоб перетворити енергію удару

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		6

при русі в кінетичну енергію не підресореної маси, після чого вона гаситься демпфером і розсіюється теплом.

Демпфер робить це шляхом нагнітання масла через дросельний клапан (невеликий отвір). Регульовані амортизатори дозволяють змінювати розмір цього отвору і, таким чином, контролювати жорсткісну характеристику амортизатора в цілому. Чим менший живий переріз дроселя тим більш жорстким є амортизатор, і навпаки.

### Цілі та задачі проекту

Принцип дії гідравлічного амортизатора полягає в перетворенні механічної енергії коливань в теплову енергію в'язкого тертя гідравлічної рідини, яка розсіюється в навколишній простір. Конструкція гідравлічного амортизатора аналогічна конструкції поршневого насоса. Відмінність полягає лише в тому, що гідравлічна рідина перекачується тільки всередині конструкції амортизатора із однієї камери в іншу по замкнутому колу циркуляції. В зв'язку з цим амортизатори це одна із різновидів гідравлічних машин працюючих при середньому тиску. В залежності від розрахунку та варіантів виконання дросельної системи амортизатора отримують різноманітні характеристики амортизатора для різних типів механізмів чи умов експлуатації цих механізмів. Але одним із недоліків двотрубних амортизаторів є нагрів робочої рідини який збільшує витрати крізь дроселі та це спричиняє падіння зусилля опору амортизатора.

Саме ця проблема підштовхнула мене на розробку регульованого гідравлічного амортизатора, додавши в конструкцію клапан із кроковим двигуном, для можливості вносити корективи в роботу амортизатора, в залежності від температури робочої рідини та прискорення транспортного засобу.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		7

## 1.1.Призначення амортизаторів

Роль амортизаторів можна проілюструвати реакцією кузова на проходження перешкоди висотою 100 мм при різному з'єднанні колеса з кузовом (рамою) автомобіля.

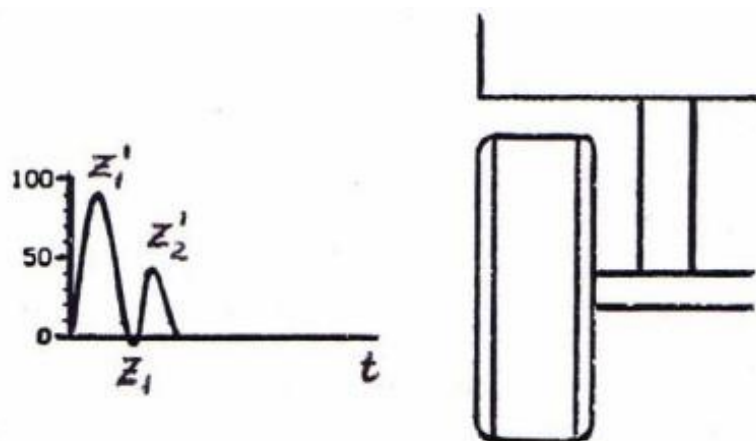


Рис.1.1. Реакція кузова при жорсткому з'єднанні  
 $t$  – час;  $Z$  – амплітуда коливань

Якщо колесо жорстко з'єднане з кузовом, то коли автомобіль в дорозі потрапляє у вибоїну чи наїжджає на перешкоду, буде виникати сильний удар, який тільки частково загасне за рахунок пружності шини. На (Рис. 1.1) показано, як буде виглядати амплітуда коливання, та яке вертикальне прискорення відчують пасажери та водій, які власне будуть знаходитись в автомобілі.

Якщо в підвіску автомобіля додати еластичний елемент, наприклад, пружину, поштовхи, що передаються кузову, будуть пом'якшуватися за рахунок стиснення пружини, а вертикальні прискорення зменшуватися. Але після руху по нерівностях пружина замість того, щоб повернутися до своєї початкової довжини, продовжує розширюватися далі за рахунок інерції руху кузова. Згодом вона знову стискається, і цикл стискання та розширення повторюється. Графік коливання, який показаний на (Рис 1.2), поступово згасає через сили тертя які діють в елементах підвіски, до моменту в якому пружина не прийде в початковий стан. Чим більша жорсткість пружини, тим

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				8
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

довше та з більшою амплітудою тіло буде коливатись. На пересічній дорозі з підвіскою де є тільки пружний елемент автомобіль буде розгойдуватись у всіх напрямках які тільки можливі, це робить керування автомобілем небезпечним, та досить сильно ускладнює керування.

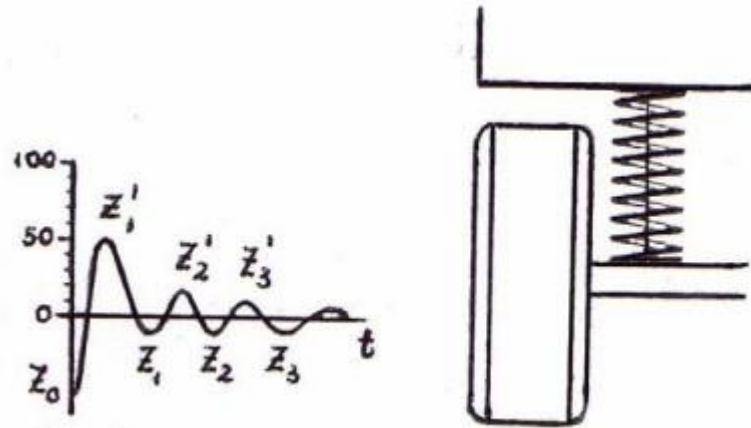


Рис. 1.2 Реакція кузова лише з пружним елементом  
 $t$  – час;  $Z$  – амплітуда коливань

Навіть більше, може виникнути резонанс, який проявляється при збігу власних частот коливань із вимушеними, які з'являються від нерівностей на дорозі. Резонанс досить часто супроводжується "пробоями" у підвісці, та сильними ударами по її обмежувачам.

Задля усунення таких негативних моментів в підвіску автомобіля було вирішено додати демпферні елементи, а саме амортизатори. Вони обмежують швидкість стиснення і розширення пружини, поглинаючи більшу частину коливальної енергії і перетворюючи її в тепло. Під час проходження вибоїни чи нерівності, пружина стискається, і згодом (після проходження перешкоди), коли вона починає розширюватися, намагаючись перевищити початкову довжину, амортизатор поглинає більшу частину накопиченої енергії яка залишається в пружині. При цьому достатньо всього 0.5 – 1.5 циклів коливань (Рис 1.3), аби пружина повернулась у свій початковий стан.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				9
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

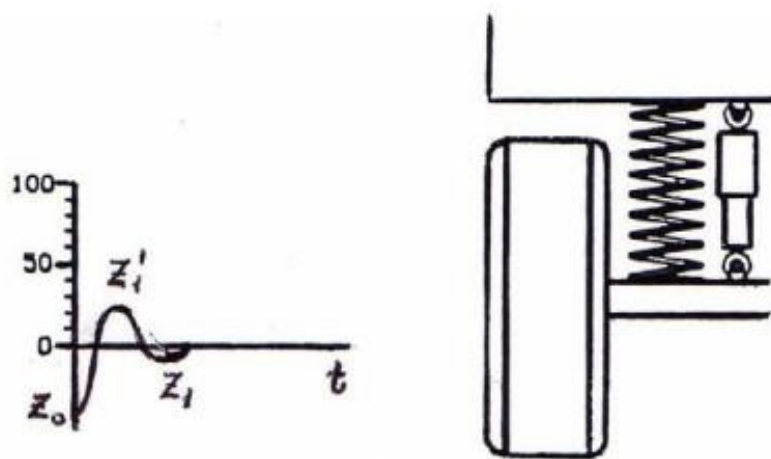


Рис. 1.3. Реакція кузова з пружним елементом та амортизатором  
 $t$  – час;  $Z$  – амплітуда коливань

Отже, демпферні елементи зменшують вібрації кузова автомобіля, які виникають за рахунок удару в підвіску в дорозі та інерційними силами, і тому гасять коливання яке негативно впливає на водія, вантаж який перевозиться та пасажирів які знаходяться в автомобілі. Вони також допомагають послабити вібрації не підресорених мас відносно кузова, покращуючи у такий спосіб контакт колеса з дорогою, що є дуже важливим.

На основі вищевикладеного, амортизатор це пристрій підвіски, призначений для гасіння коливань підресорених та не підресорених мас конструкції автомобіля.

У наш час майже у всіх підвісках теперішніх автомобілів використовують гідравлічні амортизатори, які гасять коливання за допомогою перетворення механічної енергії в теплову, за рахунок внутрішнього тертя рідини.

## 1.2.Класифікація амортизаторів

Конструкцій амортизаторів, є дуже багато. Однак в сучасній автомобільній промисловості отримали широке поширення тільки дві з них - гідравлічні та гідропневматичні.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				10
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Всі амортизатори за своєю конструкцією поділяються на:

- Однотрубні;
- Двотрубні;
- Магнітні;
- Важільні;
- Пружинні (з повітряним або фрикційним демпфуванням);

За принципом дії поділяються на:

- Регульовані;
- Нерегульовані;
- Активні;

Залежно від наповнюваної рідини поділяються на:

- Гідравлічні;
- Газові;
- Гідравлічні з газовим підпором;
- Магнітно-рідинні;

Також, розрізняють низькочастотні, середньочастотні та високочастотні амортизатори (залежать від частоти внутрішніх коливань).

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		11

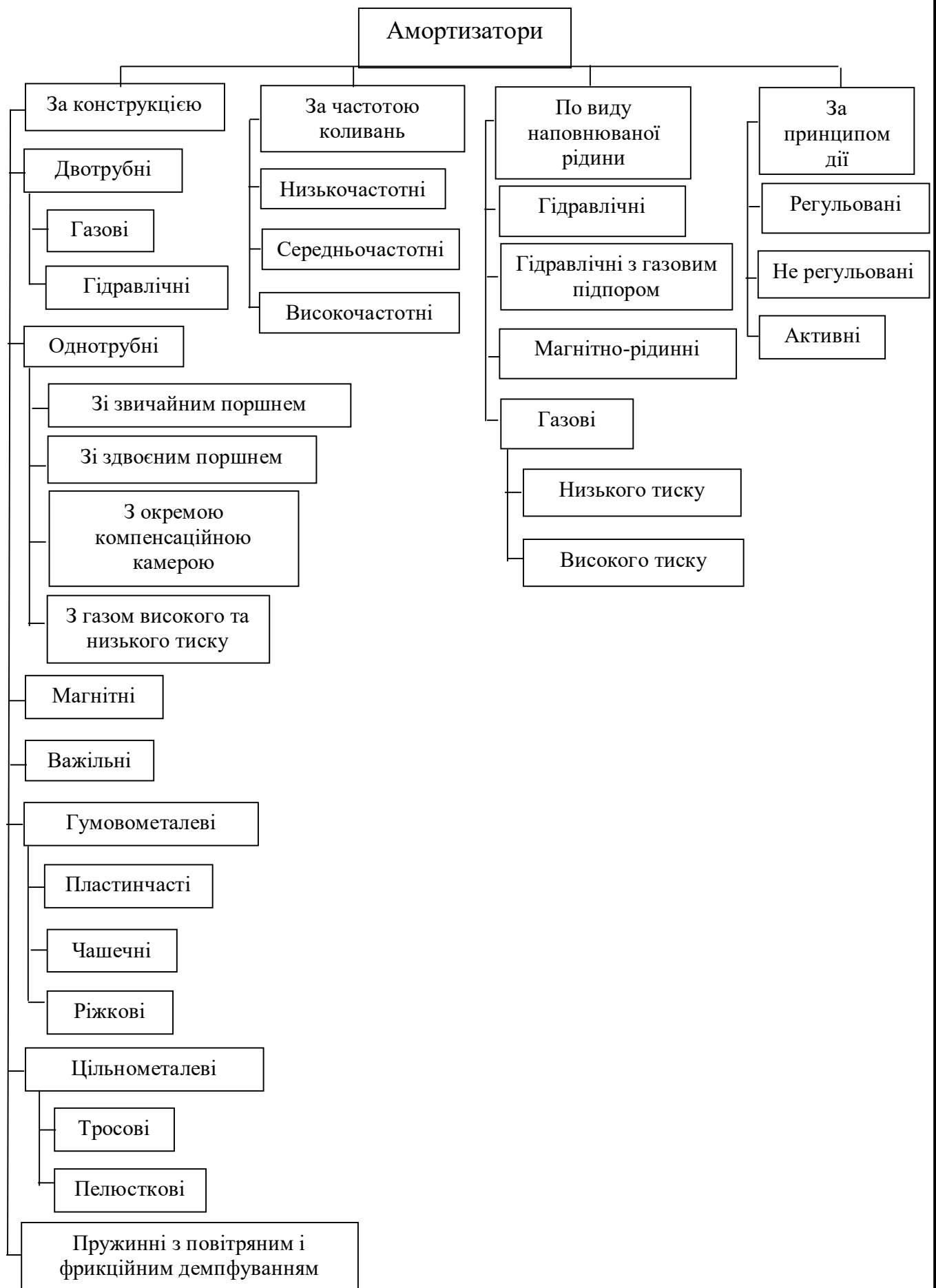


Рис.1.4 - Класифікація амортизаторів

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Начніченко І.В.				12
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		



### 1.3. Двотрубний гідравлічний амортизатор і амортизатор з газовим підпором низького тиску.

Конструкція двотрубних гідравлічних амортизаторів усіх виробників ідентична. У будь-якій з цих конструкцій основним робочим елементом є гідравлічна рідина.

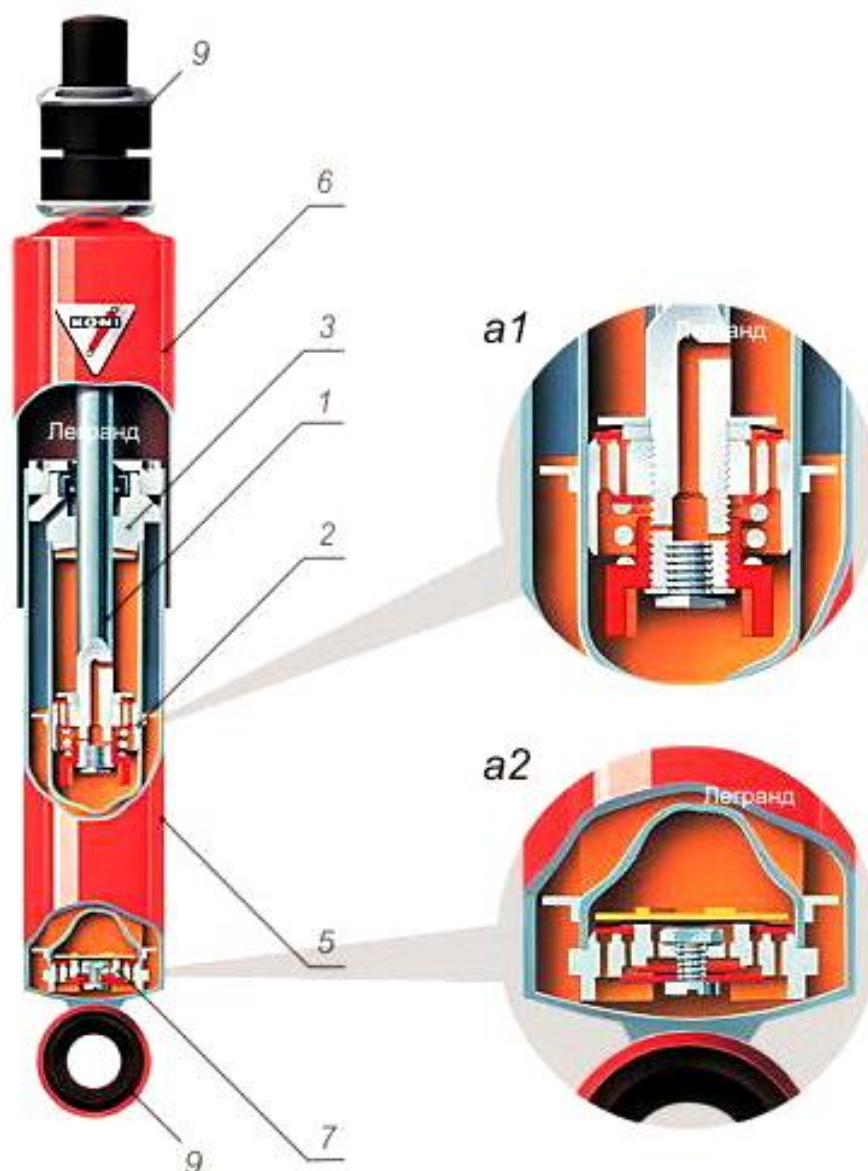


Рис.1.5 - Двотрубний гідравлічний амортизатор

*a1* - поршень і регулювальна П-образна гайка на ньому;

*a2* - донний клапан

Газ, при його наявності, пружно стискається і не є демпферним елементом.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				13
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструкція двотрубного амортизатора складається з (Рис. 1.5 і 1.6) : зовнішньої труби-резервуару (корпус амортизатора) - 6, внутрішньої труби (робочого циліндра) – 5, поршня – 2, штоку – 1, донного клапана – 7, направляючої втулки – 3, газу під низьким тиском – G (при його наявності); верхнього та нижнього кріплення 9.

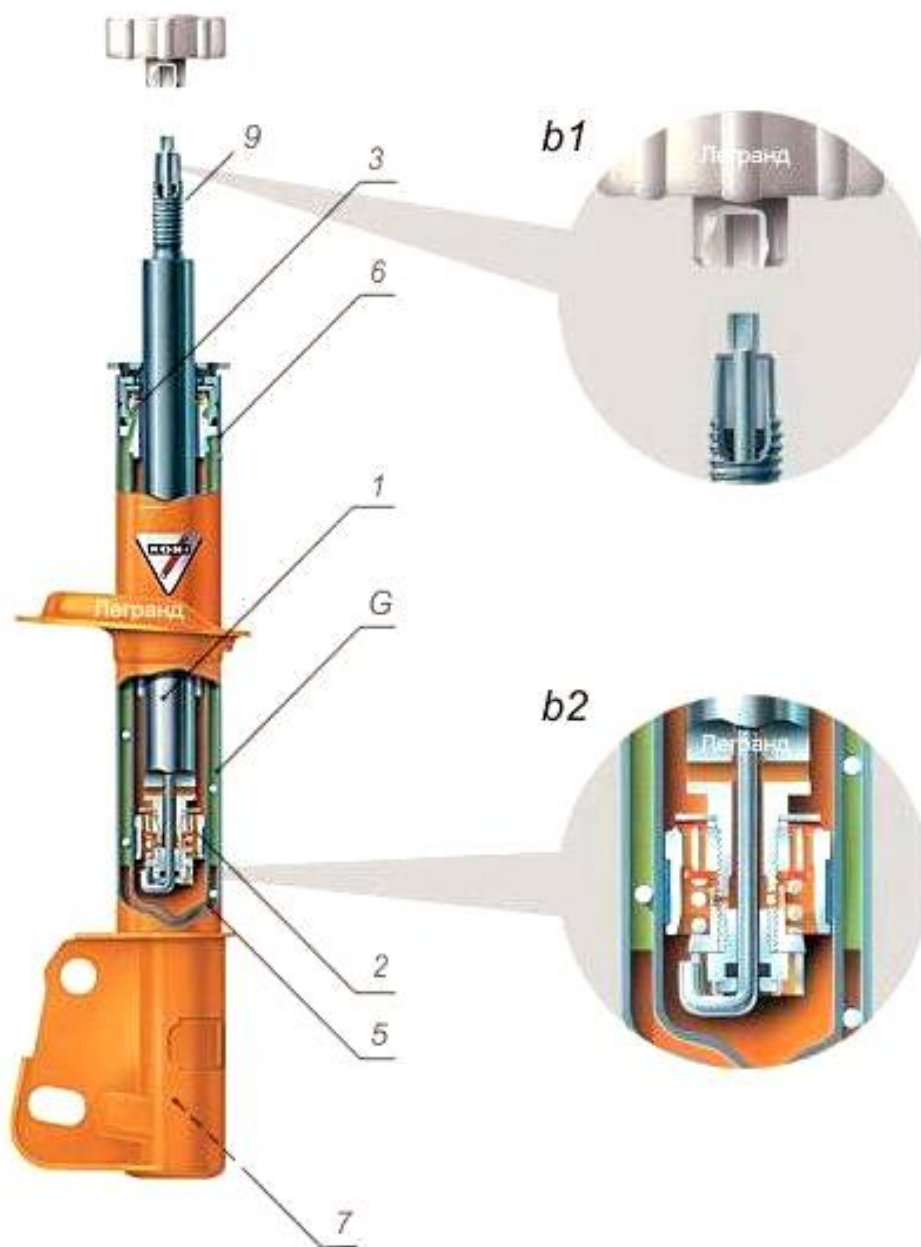


Рис.1.6 - Двотрубний гідравлічний амортизатор  
з газовим підпором низького тиску

*b1 - регулювальний хвостовик; b2 - поршень і регулювальний штифт*

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				14
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Принцип роботи двотрубного амортизатора :

**Стиснення.** Коли шток 1 рухається донизу, масляні потоки, що знаходяться між донним 7 клапаном і поршнем 2 в робочому циліндрі 5, без опору проходять вище за поршень.

Одночасно, робоча рідина (масло), що заміщається штоком, вимушена текти через донний клапан в зовнішню трубу-резервуар 6, який заповнений повітрям(1 бар) або азотом(4-8 бар). Опір, з яким стикається масло при проходженні через отвори донного клапана, виконує демпфування стиснення.

**Відбій.** Коли шток рухається догори, масло, що знаходиться вище за поршень, вимушене текти через поршень. Опір, з яким воно стикається, створює демпфування відбою. Одночасно, невелика кількість масла перетікає з резервуару 6 через донний клапан в нижню частину робочого циліндра, щоб компенсувати об'єм, що звільнився.

#### 1.4. Однотрубний гідравлічний амортизатор з газовим підпором високого тиску

Конструкція однотрубного гідравлічного амортизатора з газовим підпором високого тиску складається з (Рис. 1.7) : робочого циліндра (корпус амортизатора) - 5, поршня - 2, штоку - 1, розділового плаваючого поршня - 8, направляючої втулки - 3, газу під високим тиском - G, верхнього і нижнього кріплення - 9.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Начніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		15

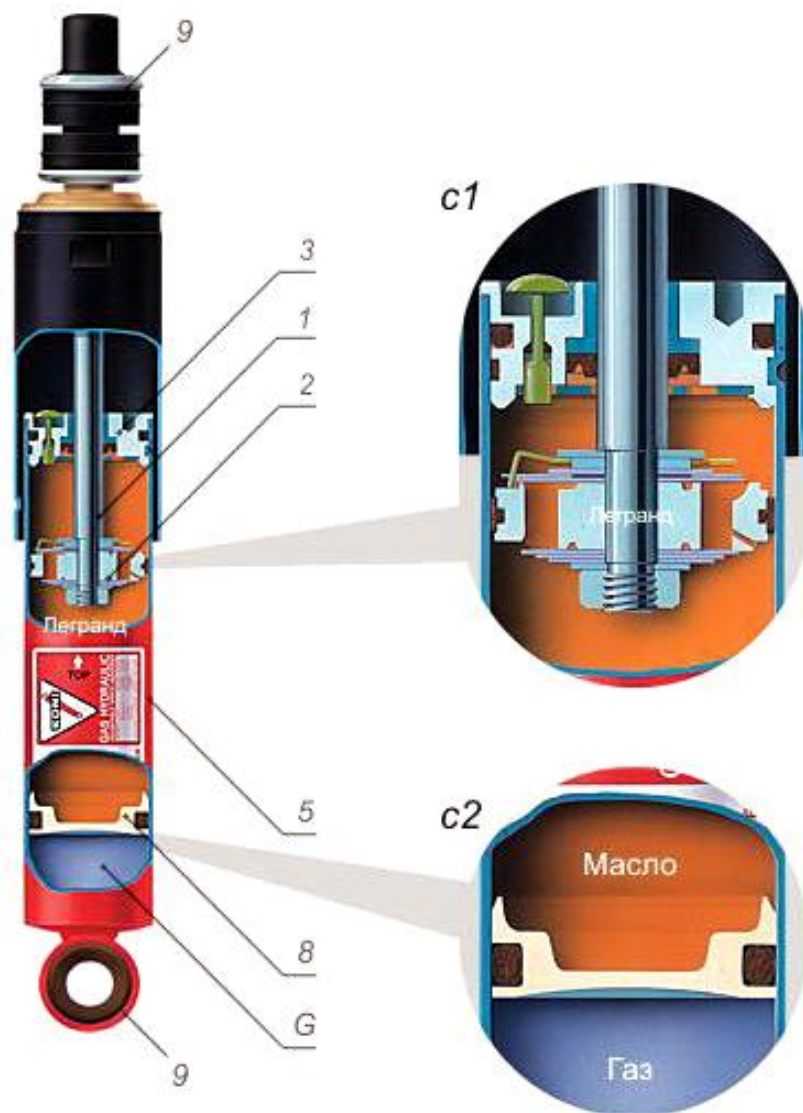


Рис.1.7 - Однотрубний гідравлічний амортизатор  
з газовим підпором високого тиску

*с1 - поршень та регульована пробка; с2 - плаваючий розділовий поршень*

Принцип роботи однотрубного амортизатора :

**Стиснення.** На відміну від двотрубних, однотрубні амортизатори не мають резервуару, який потрібний для надлишків масла, що заміщаються поршнем 2. Це вирішено за рахунок зміни місткості масла в робочому циліндрі 5. Циліндр не повністю заповнений маслом — в нижній його частині знаходиться азот під тиском 20-30 бар G. Газ і масло розділені плаваючим поршнем 8. Коли шток рухається донизу, плаваючий поршень також рухається

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				16
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

вниз. Збільшується тиск і в газовій, і в масляній секції. Робоча рідина, що знаходиться нижче робочого поршня 2, вимушена проходити через нього вище. Опір, що виникає при цьому, створює демпфування стиснення.

**Відбій.** Коли шток рухається догори, масло, що знаходиться вище за робочий поршень, вимушена текти через нього нижче. Опір, що виникає при цьому, створює демпфування відбою. В той же час, частина штока виходить за межі робочого циліндра і місце, що звільнилося, займає газ, що розширюється в нижній частині. Розділовий плаваючий поршень переміщується вгору.

### **1.5. Аналіз існуючих конструкцій амортизаторів з регульованими характеристиками**

Чим далі йдуть та розвиваються технології, тим більше люди намагаються удосконалити конструкцію амортизаторів, поліпшити їх характеристики, поєднати в одному виробі можливість переміщуватися з комфортом, але при необхідності наділяти автомобіль достатньою стійкістю і хорошою керованістю, тобто відійти від статичності амортизаторів.

На сьогодні існує декілька варіантів конструкцій амортизаторів з можливістю змін характеристик :

- 1) Амортизатори з механічним регулюванням за допомогою регульовального штифта, що проходить через шток (Рис. 1.6).
- 2) Амортизатори з використанням клапана, розташованого збоку в нижній частині корпусу, який регулює перепускання масла в невеликий зовнішній резервуар в обхід поршня(Рис. 1.8).

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		17

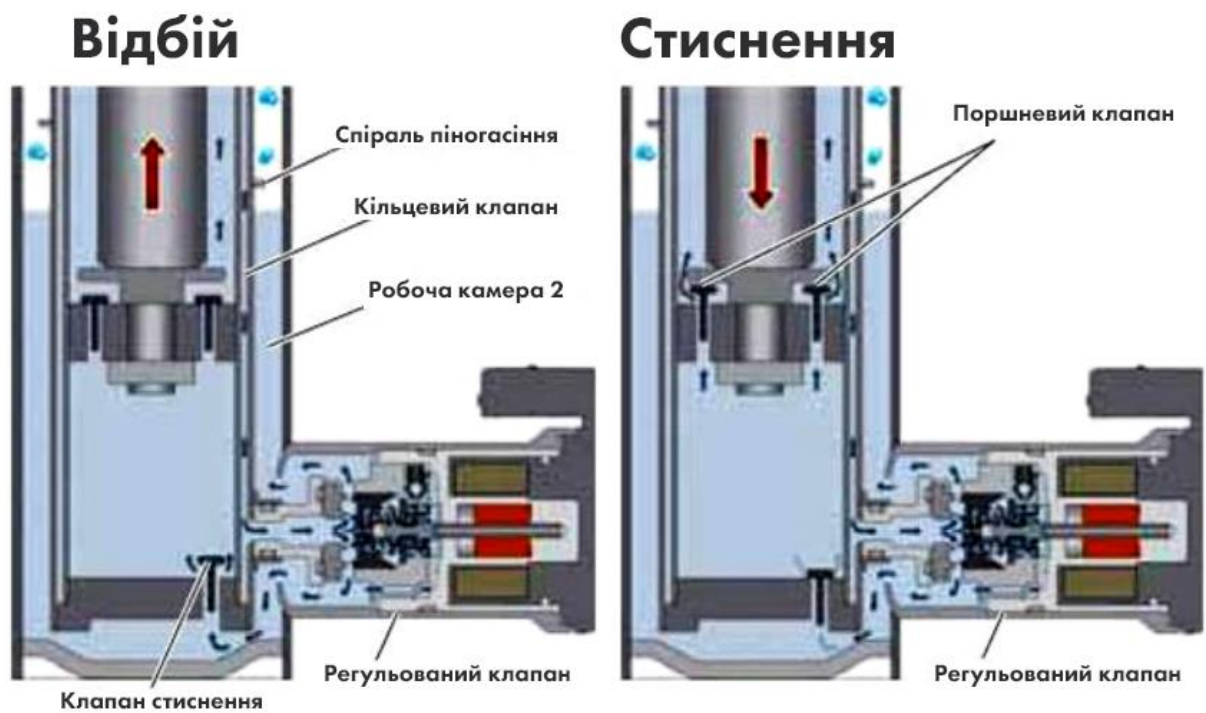


Рис.1.8 - Конструкція амортизатора з виносним регулювальним клапаном на корпусі

3) Амортизатори з виносними резервуарами. У окремий резервуар виноситься камера з газовим підпором. Така конструкція дозволяє збільшити кількість масла та газу, не змінюючи розмірів самого амортизатора, що дозволяє значно підвищити характеристики амортизатора та розширити можливості регулювання зусилля стиснення/відбою (Рис. 1.9).

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		18



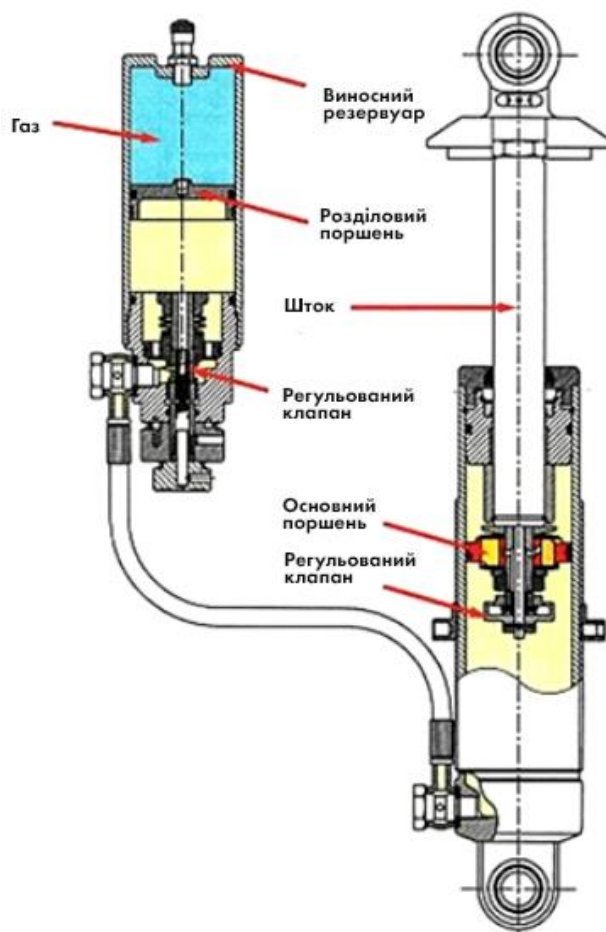


Рис.1.9 - Конструкція регульованого амортизатора  
з виносним резервуаром

4) Амортизатори у складі автоматичних систем з гідро-механічним регулюваннями.

До гідро-механічних відносяться такі системи, як FSD(Frequency Selective Damping — частотно залежне демпфування) від голландського виробника Koni.

Основна ідея FSD полягає в тому, що в штоку встановлений клапан, через який масло проходить, минувши основний клапан в поршні, і залежно від частоти коливання підвіски клапан FSD відкривається більше, роблячи амортизатор м'якше. Тобто якщо підвіска здійснює менше одного коливання в секунду (до цього відносяться гальмування, розгін і крен при проходженні повороту), клапан залишається в початковому положенні, але як тільки

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				19
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

підвіска починає вібрувати з більшою частотою, клапан починає відкриватися при кожному проходженні поршня на стиснення та відбій. Таким чином, при низькочастотних коливаннях підвіски (на «хорошій дорозі») амортизатор працює як завжди, а при високочастотних коливаннях на поганій дорозі зусилля відбою падає, одночасно збільшуючи комфорт і покращуючи зчеплення шини з дорожнім покриттям.

5) Амортизатори у складі автоматичних систем з електронними регулюваннями.

Як один з варіантів придумані електричні клапани, що дозволяють змінювати характеристики роботи амортизаторів. За приклад приведено систему CDC (Continuous Damping Control — безперервний контроль демпфування), яку активно застосовує фірма Opel на своїх останніх версіях автомобіля Astra. Електронна система управління демпфуванням, основу якої складають чотири двотрубні амортизатори з газовим підпором і регульованими електромагнітними клапанами, встановленими збоку в нижній частині амортизатора і усередині самого поршня, безперервно і точно керує характеристиками амортизаторів з урахуванням стану дорожнього покриття, індивідуального стилю водіння, швидкості, вертикального прискорення кожного колеса, кута повороту керма. На підставі сигналів від датчиків прискорення модуль системи CDC, в режимі реального часу керує електромагнітними клапанами, та за допомогою спеціальної матриці параметрів розраховує оптимальні характеристики амортизаторів для кожного окремого колеса. В результаті значно зменшуються клювки автомобіля при гальмуванні та крен при проходженні поворотів або нерівностей.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		20



## 1.6. Вплив характеристики амортизатора на властивості автомобіля

Характеристикою амортизатора називають залежність сил опору переміщення поршня від швидкості переміщення поршня відносно стінок циліндра (труби амортизатора). Характеристики амортизатора мають різний вид та зображуються графічно в координатах  $P_a - v_n$  (сила опору амортизатора – швидкість поршня), (Рис.1.10) В цілях спрощення розглядаються окремі ділянки графіка. Виділяють початкову ділянку характеристики, якій відповідає протікання рідини через калібровані отвори, та наступну за ним ділянку – клапанну ділянку характеристики, коли в роботу вступають розвантажувальні клапани. Як правило, вона несиметрична - опір при ході стиснення менше, ніж при ході відбою. Це обмежує навантаження, що передається кузову при наїзді колеса на нерівність.

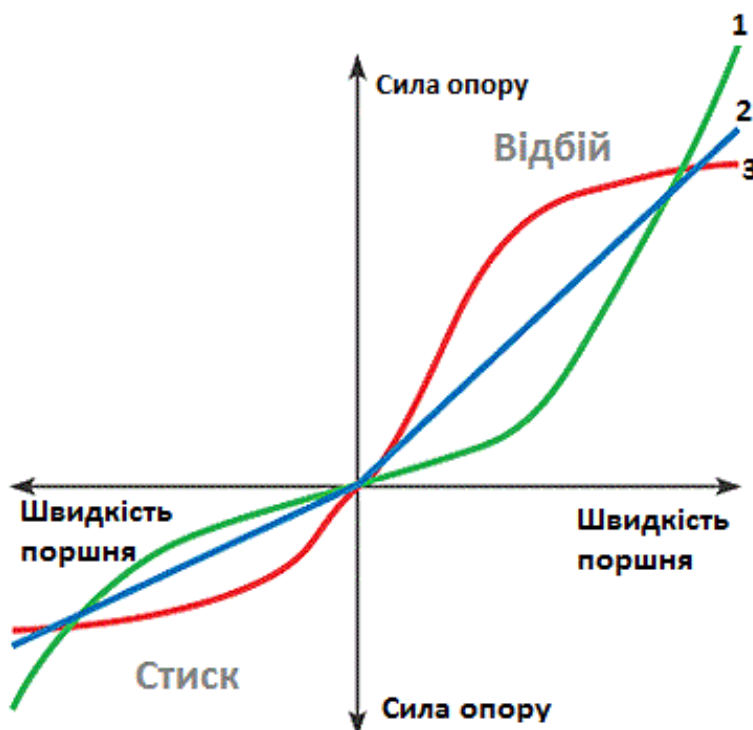


Рис.1.10 Типи характеристик амортизаторів в координатах  $P_a - v_n$   
1 - регресивна; 2 – лінійна; 3 - прогресивна

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				21
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Характеристику гідравлічних амортизаторів записують на спеціальних динамометричних стендах, при максимальних швидкостях поршня до 1,0 м/с та частотою коливань 100 хв-1.

Виділяють такі основні види характеристик амортизаторів:

1. Регресивна
2. Прогресивна
3. Лінійна
4. Комбінована

Регресивна характеристика – одна з найбільш поширених характеристик амортизаторів. Такий амортизатор є «жорстким», досить добре гасить коливання та зменшує інтенсивність кренів кузова при різких маневрах. Недоліком є пропуск на кузов вібрацій від вибоїн та розбитої дороги (сукупностей дрібних нерівностей - вибоїн, швів та стиків дорожнього полотна, гребінок, бруківки, трамвайних колій). Проїзд на такому амортизаторі, при русі по автомагістралі, одиничних виступів (виступів чи нерівностей дорожнього покриття, що утворилися при ремонті дороги) на високій швидкості може супроводжуватися відчутними ударами, які передаються на кузов та елементи автомобіля.

Прогресивну характеристику застосовують рідше. Такий амортизатор відчувається «м'яким». Основна перевага амортизаторів з такою характеристикою це підвищення віброзахисту кузова та елементів автомобіля. Але коли автомобіль обладнаний такими амортизаторами буде проїжджати низку плавних хвиль дорожнього покриття, автомобіль може розгойдатися дуже сильно, аж до пробіїв підвіски. Також при енергійному маневруванні та зміні смуги руху можливі підвищені крени та діагональне розгойдування автомобіля. Коли автомобіль з такими амортизаторами повністю навантажений, у водія часто виникає відчуття "слабких" або «м'яких»

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		22

амортизаторів. Якщо ж їх замінити посиленими, але з тією ж характеристикою – будуть перевантажені місця кріплення до кузова або підвіски.

Лінійна характеристика займає проміжне положення між прогресивною та регресивною характеристиками..

Комбінована характеристика поєднує різні типи характеристик (наприклад, прогресивну і регресивну).

Кожна з цих характеристик надає різних властивостей для одного й того ж механізму (транспортного засобу). Від правильного вибору характеристики амортизатора залежить комфорт та безпека при користуванні транспортним засобом.

Однак гарно налаштованих на швидку, безпечну їзду амортизатор, який забезпечує максимальне зусилля притискання коліс до дорожнього покриття та мінімізує час коли це зусилля ослабляється чи зникає повністю буде мало пристосований до повільного пересування дорогами з вибоїнами чи складним рельєфом, він буде відчуватися «жорстким», «дубовим». Водночас амортизатор який чудово буде справлятися із розхитуванням кузова на складних дорожніх умовах буде занадто «м'яким», та не забезпечуватиме стійкості при швидких розгонах, гальмуваннях та в проходженні поворотів на відносно великих швидкостях.

Проектований амортизатор із керованим електромагнітним клапаном та регульованою жорсткістю покликаний поєднати в собі переваги «жорсткого» та «м'якого» амортизатора.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		23

## 2. РОЗРОБКА КЕРОВАНОГО (МЕХАТРОННОГО) ГІДРАВЛІЧНОГО АМОРТИЗАТОРА

На першому кроці було розроблено принципову схему роботи регульованого амортизатора з датчиком температури та датчиком прискорення (Рис. 2).

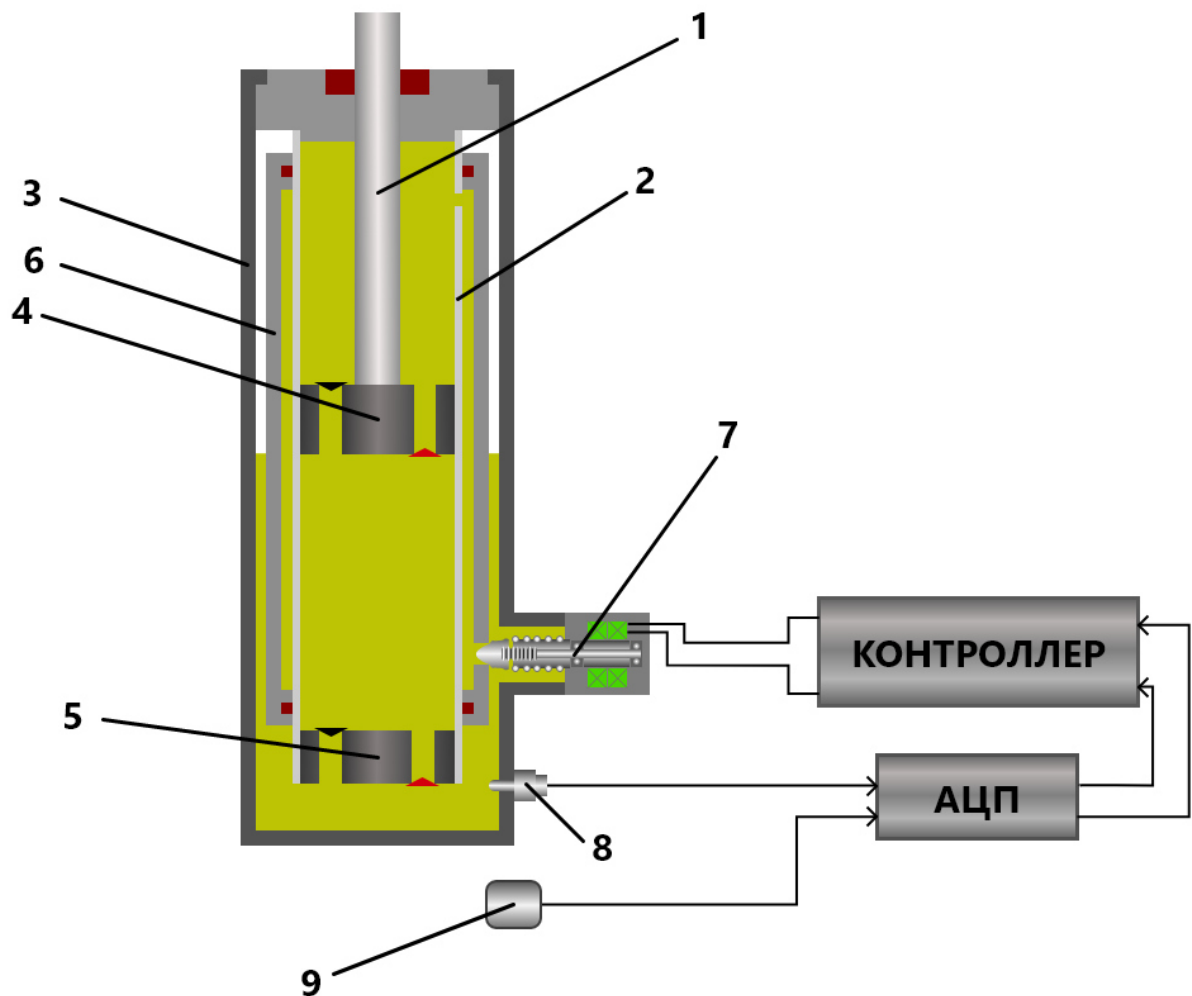


Рис. 2. Схема роботи регульованого амортизатора:

(1 – шток; 2 – гідроциліндр; 3 – компенсаційна камера; 4 – поршень; 5 – донний клапан; 6 – корпус клапана регулювання; 7 – керований клапан з кроковим двигуном; 8 – датчик температури; 9 – датчик прискорення (підресорена частина))

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				24
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

При закритому клапані з кроковим двигуном (7) рідина дроселюється через донний (5) та поршневий(4) клапанні вузли, але коли клапан відкритий рідина додатково рухається по шляху найменшого опору через отвори в надпоршневої порожнини, в результаті відбувається її перетікання в компенсаційну камеру (3). Приводом клапану служить не соленоїд, а кроковий двигун, що дозволяє забезпечувати різні положення клапану, відповідно плавно регулюючи «живий» переріз дроселя. У штатному положенні керований клапан знаходиться в положенні між «повністю закритий» та «повністю відкритий». Положення клапану в кожен конкретний момент часу визначається мікроконтролером на основі показників датчика температури гідравлічної рідини та датчика прискорення. Таким чином забезпечується комфортна характеристика амортизатора. При зміні температури робочої рідини, датчик температури (8) подає сигнал на аналогово-цифровий перетворювач(АЦП), він подає цифровий сигнал на контролер, який в свою чергу керує клапаном за певним законом (отриманий експериментально), який змінює поперечний переріз прохідного перерізу дроселя. Також на схемі присутній датчик прискорення (9), який кріпиться на кузові автомобіля та вимірює прискорення або відповідно до другого закону Ньютона силу, що викликає прискорення інерційної маси. Він в свою чергу буде формувати у вигляді зворотного зв'язку закон корекції регулювання системи.

## 2.1. Розрахунок розмірів амортизатора

Проектування амортизатора починається з вибору основних розмірів, що визначають його габарити: діаметр робочого циліндра  $d_{\text{ц}}$  і хід поршня  $H_{\text{п}}$ . На (Рис.2.1) проілюстровані основні конструктивні розміри телескопічних амортизаторів. Для проектування обираємо наступні характеристики:

Тип-гідравлічний, двотрубний, телескопічний, двосторонньої дії

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		25

Довжина амортизатора в стислому стані- 340мм;

Хід поршня- 170 мм;

Діаметр поршня- 50 мм;

Діаметр штока- 20 мм.

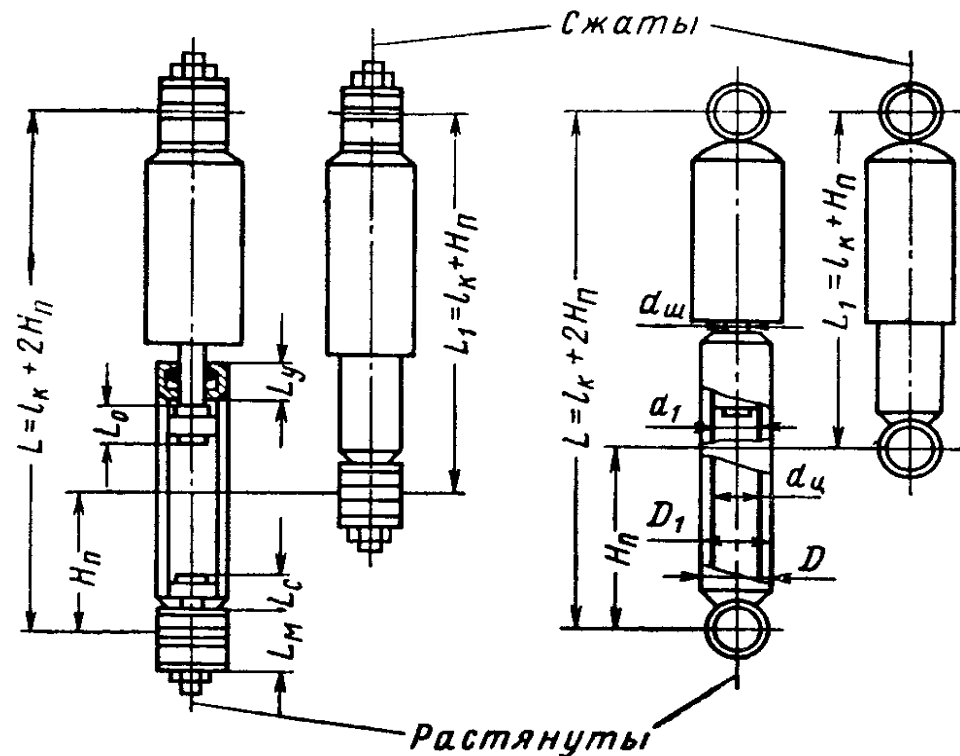


Рис. 2.1 – Основні конструктивні розміри телескопічних амортизаторів

$$L_y = 0,75 \div 1,5d_{ц}; L_0 = 0,75 \div 1,1d_{ц}; c = 0,4 \div 0,9d_{ц};$$

$$L_m = 1,1 \div 1,5d_{ц}; d_{ш} = 0,4 \div 0,6d_{ц}; d_1 = 1,1d_{ц};$$

З діаметром штоку і робочого циліндра тісно пов'язаний і розмір резервуара, який повинен вміщувати певний об'єм рідини і повітря для здійснення процесу рециркуляції гідравлічної рідини. При цьому об'єм повітря повинен бути приблизно в 3 рази більше об'єму штока, що б не

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				26
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

створювався надмірно високий тиск при роботі. Це співвідношення виражається в такий спосіб:

$$D_1^2 - d_1^2 = (2 \div 4)d_{ш}^2;$$

З огляду на наведені на (Рис. 2.1) співвідношення, знаходимо безпосередній зв'язок:

$$D_1 = (1.25 \div 1.5)d_{ц}$$

$$D_{ц} \approx 1.1 \cdot D_1 \geq 1.5 \cdot d_{ц}$$

Тоді:

$$D_1 = 1.5 \cdot d_{ц} = 1.5 \cdot 50 = 62,5 \text{ мм}$$

$$D_{ц} = 1.1 \cdot 62,5 = 68.7 \text{ мм}$$

Основною робочою площею витіснювача гідравлічної рідини є площа поршня в надпоршневій (штоковій) камері за мінусом площі перерізу штока (для ходу відбою):

$$F_{\text{вв}} = F_{ц} - F_{ш} = 0,5\pi d_{ц}^2 = 0,63d_{ц}^2$$

Для ходу стиснення:

$$F_{\text{вс}} = 0,13d_{ц}^2$$

Тоді:

$$F_{\text{во}} = 0,63 \cdot 50^2 = 1575 \text{ мм}^2$$

$$F_{\text{вс}} = 0,13 \cdot 50^2 = 325 \text{ мм}^2$$

Обираємо з (Рис. 2.2) за визначеними розмірами зусилля опору

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		27

## Параметры амортизаторов

Параметры	№ амортизатора в типовом ряду						Примечание
	I	II	III	IV	V	VI	
Диаметр рабочего цилиндра в мм	20—25	30—35	40—45	50—60	70—80	100	По зарубежным данным По ГОСТу 11728—66 Средняя величина (по меньшему $d_{ц}$ ) при $d_{ш} \approx 0,45 d_{ц}$
Основная рабочая площадь в см <sup>2</sup>	—	30	40	50 (52)	70	—	
Усилия сопротивления при давлении 50 ат в кг:	2,5	5,5	9,5	15,0	29,5	50	
$P_{ao} \dots$ $P_{ac} \dots$	125 30	275 60	475 110	750 175	1500 350	2500 600	

Рис. 2.2 – Таблица основных размеров и усилий опор

$$P_{ao} = 750 \text{ кг}, P_{ac} = 175 \text{ кг}$$

Так як тепловий режим роботи амортизатора залежить від розмірів його зовнішньої поверхні, то на практиці вибір тих чи інших зусиль опорів обмежений не тільки діаметром робочого циліндра та резервуара, а й довжиною:

$$L_1 = H_{\Pi} + L_k,$$

$$H_{\Pi} - \text{хід поршня}, H_{\Pi} = 170 \text{ мм}$$

$$L_k - \text{конструктивна довжина}, L_k = 340 \text{ мм}$$

$$L_1 = 170 + 340 = 510 \text{ мм}$$

Площі тепловіддачі поверхні амортизаторів визначаються з достатньою точністю, як у циліндра без торців:

$$\begin{cases} \Pi_m = \pi D(H_n + l_k); \\ \Pi_m = 1,5d_{ц}(H_n + l_k); \end{cases}$$



Тоді:

$$P_M = 1,5 \cdot 50(170 + 340) = 38250 \text{ мм}^2$$

Орієнтовану вагу коливальної маси для типових амортизаторів, вагу підресореною маси, вагу транспортного засобу дивимося в таблиці на (Рис. 2.3)

Параметри	№ амортизатора					
	I	II	III	IV	V	VI
Діаметр робочого циліндра $d_c$ в мм . . . . .	22	30	40	52	70	100
Ход поршня $H_p$ в мм * . . . . .	$\frac{80-100}{150-200}$	$\frac{90-110}{180-220}$	$\frac{100-150}{200-300}$	$\frac{120-170}{200-300}$	$\frac{140-200}{300}$	$\frac{200}{300}$
Площа теплоотдающей поверхності $P_M$ в $\text{м}^2$ * (середня величина) . . . . .	$\frac{0,015}{0,025}$	$\frac{0,030}{0,050}$	$\frac{0,060}{0,090}$	$\frac{0,100}{0,130}$	$\frac{0,160}{0,250}$	$\frac{0,350}{0,500}$
Допускаемый вес подрессоренной массы $G_M$ в кг на один амортизатор при $\dot{x}_a \leq 0,3 \text{ м/сек}$ и $\psi_a = 0,2$ * . . . . .	$\frac{150}{250}$	$\frac{400}{600}$	$\frac{750}{1200}$	$\frac{1300}{2000}$	$\frac{2500}{4000}$	$\frac{7500}{10\ 000}$
Вес автомобиля $G_a$ в кг ** . . . . .	$\frac{1500}{1000}$	$\frac{6000}{4000}$	$\frac{12\ 000}{8000}$	$\frac{20\ 000}{14\ 000}$	$\frac{20\ 000}{14\ 000}$ и более	—

\* В числителе приведены параметры короткоходных амортизаторов, в знаменателе — длинноходных.  
 \*\* В числителе приведены параметры амортизаторов, устанавливаемых в рессорную подвеску с трением; в знаменателе — без трения, по рекомендациям фирмы BOGE (ФРГ).

Рис. 2.3 – Таблиця Орієнтованої ваги коливальної маси для типових амортизаторів

Короткохідний амортизатор з ходом поршня 170 мм, площею тепловіддачі поверхні 0,100 м<sup>2</sup> (середня величина), допустимою вагою непідресорної маси на один амортизатор 1300 кг, і вагою транспортного засобу 20 000 кг.

## 2.2. Технічний розрахунок конструкції виробу

### 2.2.1. Розрахунок мінімальної товщини стінки циліндра амортизатора

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		29

1) Початкові дані для розрахунку:

– максимальний робочий тиск в порожнині циліндра амортизатора

$P_{\max} = 5,35 \text{ МПа}$  (з технічних вимог КД на амортизатор)

– коефіцієнт запасу міцності  $k_{zm} = 1,3$ ;

– внутрішній діаметр циліндра амортизатора  $D = 50 \text{ мм}$ ;

– передбачуваний зовнішній діаметр циліндра амортизатора

$D_H = 54 \text{ мм}$ ;

– матеріал робочого циліндра сталь 45 ГОСТ 1050-88;

– додаткова термообробка відсутня.

2) Умова розрахунку - розрахунок статичний. Для розрахунку приймаємо допустиме напруження на розтяг рівним :

$$[\sigma] = 0,6 \cdot [\sigma_T]$$

де  $[\sigma_T]$  - межа плинності для матеріалу циліндра.

3) Визначаємо співвідношення зовнішнього діаметру циліндра амортизатора до внутрішнього:

$$(f_{\max} = \frac{D_H}{D} = \frac{54}{50} = 1,08) < 1,2 \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ робочий циліндр вважається тонкостінним.

4) Визначаємо товщину стінки тонкостінного циліндра по формулі :

$$\delta = \frac{D}{2} \cdot \left( \sqrt{\frac{[\sigma] + p_{\max} \cdot (1 - 2 \cdot \nu)}{[\sigma] - p_{\max} \cdot (1 + \nu)}} - 1 \right);$$

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$\delta = \frac{50}{2} \cdot \left( \sqrt{\frac{213 \cdot 10^6 + 5,3 \cdot 10^6 \cdot (1 - 2 \cdot 0,3)}{213 \cdot 10^6 - 5,3 \cdot 10^6 \cdot (1 + 0,3)}} - 1 \right)$$

$$= \frac{50}{2} \cdot \left( \sqrt{\frac{217 \cdot 10^6}{200 \cdot 10^6}} - 10 \right) = 0,83 \text{ мм}$$

де  $[\sigma] = 0,6 \cdot [\sigma_{\tau}] = 0,6 \cdot 355 \cdot 10^6 = 213 \cdot 10^6 \text{ Па}$  - напруга, що допускається, на розтяг;

$[\sigma_{\tau}] = 355 \cdot 10^6 \text{ Па}$  – межа плинності для сталі 45 по ГОСТ 1050-88;

$\nu = 0,3$  - коефіцієнт поперечної деформації (коефіцієнт Пуассона)

для сталі 45.

Таким чином, визначено розрахункове мінімальне значення товщини стінки  $\delta = 0,83 \text{ мм}$  циліндра амортизатора при статичному навантаженні. Розрахунок не передбачає можливу дію надмірних динамічних навантажень.

При проектуванні обираємо з урахуванням коефіцієнта запасу міцності найближче більше ціле значення товщини стінки, яке складає  $\delta = 2 \text{ мм}$ .

### 2.2.2. Розрахунок штока амортизатора на міцність

Початкові дані: матеріал штока - сталь 45, межа плинності -  $\sigma_{\text{п}} = 370 \text{ Па}$ .

1) Розраховуємо шток на розтяг, а для грубого розрахунку кручення приймаємо розрахункове навантаження рівним  $1,25 \cdot Q$ .

Напруга :

$$\sigma_{\text{зт}} = \frac{1,25 \cdot Q}{\frac{\pi}{4} \cdot d_i^2}$$

Звідки:

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$d_i = \sqrt{\frac{5 \cdot Q}{\pi \cdot [\sigma]_{\text{зт}}}}$$

Коефіцієнт запасу :  $n=3$  .

Напруга розтягування, що допускається :

$$[\sigma]_{\text{зт}} = \frac{\sigma_{\tau}}{n} = \frac{370}{3} = 123 \text{ МПа.}$$

Внутрішній діаметр різьби на штоку:

$$d_i = \sqrt{\frac{5 \cdot 19620}{\pi \cdot 123}} = 14 \text{ мм.}$$

Призначення розмірів штока.

Приймаємо стандартну метричну різьбу з мілким кроком  $M16 \times 1,5-6h$ .

Параметри різьби :

- зовнішній діаметр різьби на кінці штока  $d_{\text{ш}} = 16 \text{ мм}$ ;
- внутрішній діаметр різьби  $d_i = 14,376 \text{ мм}$ ;
- внутрішній діаметр по дну западини  $d'_i = 14,160 \text{ мм}$ ;
- середній діаметр  $d_c = 15,026 \text{ мм}$ .

### 2.2.3. Розрахунок різьби штока на міцність

1) Визначаємо сумарне розрахункове навантаження  $F_{\text{сум}}$  на різьбовий кінець штока меншого діаметру з різьбою  $M14 \times 1,5-6h$  (з боку поршня амортизатора) :

$$F_{\text{сум}} = p_{\text{max}} \cdot S = 5,35 \cdot 1962,5 = 10500 \text{ Н}$$

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		32

Де

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 50^2}{4} = 1962,5 \text{ мм}^2 \Rightarrow$$

$\Rightarrow$  площа « поршня» (площа поперечного перерізу циліндра амортизатора).

2) Перевіряємо середній діаметр різьби  $d_2$  за критерієм міцності на зминання:

$$d_2 = \sqrt{\frac{F}{\pi \cdot \Psi_H \cdot \Psi_h \cdot [p]}}$$

де  $F$  - розрахункове зусилля, Н;

$\Psi_H = H / d_2 = 11 / 15,026 = 0,732$  - коефіцієнт висоти гайки;

$H$  - висота гайки, мм.

$\Psi_h = h / P = 0,812 / 1,5 = 0,541$  - коефіцієнт висоти різьби;

$h$  - робоча висота профілю різьби  $h = 0,812$  мм;

$P$  - крок різьби,  $P = 1,5$  мм;

$[p]$  – допустима напруга в різьбі, МПа. Для незагартованого штоку та сталевій гайки амортизатора  $[p] = 45$  МПа.

$$d_2 = \sqrt{\frac{10500}{3,14 \cdot 0,732 \cdot 0,541 \cdot 45}} = 13,7 \text{ мм}$$

Отже при використанні різьби для кріплення штока до поршня М14×1,5-6h різьбове з'єднання задовольняє умову міцності на зминання витків різьби. Застосування різьбового з'єднання штока з поршнем амортизатора, згідно із зробленими розрахунками не приведе до руйнування конструкції вузла, і є достатнім за умовами міцності і зносостійкості.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		33

## 2.3. Розрахунок впливу керованого дроселю на роботу амортизатора

При конструюванні амортизатора була встановлена кількість дроселів у штоку, що визначають роботу амортизатора. Було визначено, що основну роботу виконують дроселі у вигляді отворів у поршні та керований дросель який керується за допомогою регульованого клапану з кроковим двигуном (при розрахунках клапанно-дросельний вузол донного клапану не враховувався). Кількість робочих дроселів у поршні, які працюють на “відбій” та “стиснення”, однакова. У режимі “стиснення” працюють п’ять дроселів з діаметром поперечного перерізу 4,5 мм, в режимі “відбій” – п’ять дроселів з діаметром поперечного перерізу 8 мм. Діаметр поперечного перерізу керованого дроселю при положенні «повністю відкритий» 10 мм.

Ступінь впливу робочих поршневих та керованого дроселів на характеристики амортизатора визначалася шляхом встановлення співвідношення площ дроселів, через які проходить робоча рідина відповідно до кожного з режимів.

Площа “ повністю відкритого” керованого дроселю:

$$S_{\text{кв}} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} = 78,5 \text{ мм}^2$$

Вважаємо що площа “ повністю закритого” керованого дроселю:

$$S_{\text{кз}} = 0,1 \text{ мм}^2$$

Загальну площу робочих дроселів визначаємо за формулою:

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$S_{\text{заг}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 5$$

Тоді, загальна площа робочого дроселю що працює на «відбій»:

$$S_{\text{в}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 5 = \frac{3,14 \cdot 8^2}{4} \cdot 5 = 253,6 \text{ мм}^2$$

Відповідно загальна площа дроселю що працює на «стиснення»:

$$S_{\text{с}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 5 = \frac{3,14 \cdot 4,5^2}{4} \cdot 5 = 79,4812 \text{ мм}^2$$

Частина витрати робочої рідини, що проходить через робочі дроселі, по відношенню до керованого дроселя, який в положенні «повністю закритий»:

При «відбою»:

$$Q_{\text{вз}} = \frac{(S_{\text{в}} - S_{\text{кз}})}{S_{\text{в}}} \cdot 100\% = 99,96\%$$

При «стисненні»:

$$Q_{\text{сз}} = \frac{(S_{\text{с}} - S_{\text{кз}})}{S_{\text{с}}} \cdot 100\% = 99,87\%$$

Відповідно через «повністю закритий» керований дросель проходить інша частина робочої рідини:

$$Q_{\text{вкз}} = 100 - 99,96 = 0,04\%$$

$$Q_{\text{скз}} = 100 - 99,87 = 0,13\%$$

Повторимо розрахунок для керованого дроселя в положенні «повністю відкритий»:

При «відбою»:

$$Q_{\text{вв}} = \frac{(S_{\text{в}} - S_{\text{кв}})}{S_{\text{в}}} \cdot 100\% = 69,2\%$$

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		35

При «стисненні»:

$$Q_{CB} = \frac{(S_c - S_{KB})}{S_c} \cdot 100\% = 1,73\%$$

Відповідно через «повністю відкритий» керований дросель проходить інша частина робочої рідини:

$$Q_{ВКВ} = 100 - 69,2 = 30,8\%$$

$$Q_{СКВ} = 100 - 1,73 = 98,3\%$$

Коефіцієнти впливу керованого дроселю при «повністю відкритому» та «повністю закритому» на характеристики амортизатора для режиму “відбою” та “стисненні” визначаються:

$$K_{ВЗ} = \frac{Q_{ВКЗ}}{Q_{ВЗ}} ; \quad K_{СЗ} = \frac{Q_{СКЗ}}{Q_{СЗ}} ; \quad K_{ВВ} = \frac{Q_{ВКВ}}{Q_{ВВ}} ; \quad K_{СВ} = \frac{Q_{СКВ}}{Q_{СВ}}$$

Таким чином, враховуючи вище написане, у програмі Microsoft Excel, проводимо розрахунок для всіх існуючих положень керованого дроселю, та вносимо данні до Таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Поршень, Qвд, %	Поршень, Qс, %	Поршень, Свд, мм2	Поршень, Сст, мм2	Кер Дросель, Ст, мм2	Кер Дросель, переріз, %	Керов Витрата, Qвд, %	Керов Витрата, Qст %
99,961	99,874	253,60	79,48	0,10	<b>0,1</b>	0,04	0,1
99,566	98,616	253,60	79,48	1,10	<b>1,4</b>	0,43	1,4
99,172	97,358	253,60	79,48	2,10	<b>2,7</b>	0,83	2,6
98,778	96,100	253,60	79,48	3,10	<b>4,0</b>	1,22	3,9
98,383	94,841	253,60	79,48	4,10	<b>5,2</b>	1,62	5,2
97,989	93,583	253,60	79,48	5,10	<b>6,5</b>	2,01	6,4
97,595	92,325	253,60	79,48	6,10	<b>7,8</b>	2,41	7,7
97,200	91,067	253,60	79,48	7,10	<b>9,1</b>	2,80	8,9
96,806	89,809	253,60	79,48	8,10	<b>10,4</b>	3,19	10,2

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ		Арк.
		Ночніченко І.В.					36
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			



96,412	88,551	253,60	79,48	9,10	<b>11,7</b>	3,59	11,4
96,017	87,292	253,60	79,48	10,10	<b>12,9</b>	3,98	12,7
95,623	86,034	253,60	79,48	11,10	<b>14,2</b>	4,38	14,0
95,229	84,776	253,60	79,48	12,10	<b>15,5</b>	4,77	15,2
94,834	83,518	253,60	79,48	13,10	<b>16,8</b>	5,17	16,5
94,440	82,260	253,60	79,48	14,10	<b>18,1</b>	5,56	17,7
94,046	81,002	253,60	79,48	15,10	<b>19,3</b>	5,95	19,0
93,651	79,743	253,60	79,48	16,10	<b>20,6</b>	6,35	20,3
93,257	78,485	253,60	79,48	17,10	<b>21,9</b>	6,74	21,5
92,863	77,227	253,60	79,48	18,10	<b>23,2</b>	7,14	22,8
92,468	75,969	253,60	79,48	19,10	<b>24,5</b>	7,53	24,0
92,074	74,711	253,60	79,48	20,10	<b>25,7</b>	7,93	25,3
91,680	73,452	253,60	79,48	21,10	<b>27,0</b>	8,32	26,5
91,285	72,194	253,60	79,48	22,10	<b>28,3</b>	8,71	27,8
90,891	70,936	253,60	79,48	23,10	<b>29,6</b>	9,11	29,1
90,497	69,678	253,60	79,48	24,10	<b>30,9</b>	9,50	30,3
90,103	68,420	253,60	79,48	25,10	<b>32,1</b>	9,90	31,6
89,708	67,162	253,60	79,48	26,10	<b>33,4</b>	10,29	32,8
89,314	65,903	253,60	79,48	27,10	<b>34,7</b>	10,69	34,1
88,920	64,645	253,60	79,48	28,10	<b>36,0</b>	11,08	35,4
88,525	63,387	253,60	79,48	29,10	<b>37,3</b>	11,47	36,6
88,131	62,129	253,60	79,48	30,10	<b>38,5</b>	11,87	37,9
87,737	60,871	253,60	79,48	31,10	<b>39,8</b>	12,26	39,1
87,342	59,612	253,60	79,48	32,10	<b>41,1</b>	12,66	40,4
86,948	58,354	253,60	79,48	33,10	<b>42,4</b>	13,05	41,6
86,554	57,096	253,60	79,48	34,10	<b>43,7</b>	13,45	42,9
86,159	55,838	253,60	79,48	35,10	<b>44,9</b>	13,84	44,2
85,765	54,580	253,60	79,48	36,10	<b>46,2</b>	14,24	45,4
85,371	53,322	253,60	79,48	37,10	<b>47,5</b>	14,63	46,7
84,976	52,063	253,60	79,48	38,10	<b>48,8</b>	15,02	47,9
84,582	50,805	253,60	79,48	39,10	<b>50,1</b>	15,42	49,2
84,188	49,547	253,60	79,48	40,10	<b>51,3</b>	15,81	50,5
83,793	48,289	253,60	79,48	41,10	<b>52,6</b>	16,21	51,7
83,399	47,031	253,60	79,48	42,10	<b>53,9</b>	16,60	53,0
83,005	45,773	253,60	79,48	43,10	<b>55,2</b>	17,00	54,2
82,610	44,514	253,60	79,48	44,10	<b>56,5</b>	17,39	55,5
82,216	43,256	253,60	79,48	45,10	<b>57,7</b>	17,78	56,7
81,822	41,998	253,60	79,48	46,10	<b>59,0</b>	18,18	58,0
81,427	40,740	253,60	79,48	47,10	<b>60,3</b>	18,57	59,3
81,033	39,482	253,60	79,48	48,10	<b>61,6</b>	18,97	60,5
80,639	38,223	253,60	79,48	49,10	<b>62,9</b>	19,36	61,8
80,244	36,965	253,60	79,48	50,10	<b>64,1</b>	19,76	63,0

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ		Арк.
		Ночніченко І.В.					37
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			

79,850	35,707	253,60	79,48	51,10	<b>65,4</b>	20,15	64,3
79,456	34,449	253,60	79,48	52,10	<b>66,7</b>	20,54	65,6
79,062	33,191	253,60	79,48	53,10	<b>68,0</b>	20,94	66,8
78,667	31,933	253,60	79,48	54,10	<b>69,3</b>	21,33	68,1
78,273	30,674	253,60	79,48	55,10	<b>70,6</b>	21,73	69,3
77,879	29,416	253,60	79,48	56,10	<b>71,8</b>	22,12	70,6
77,484	28,158	253,60	79,48	57,10	<b>73,1</b>	22,52	71,8
77,090	26,900	253,60	79,48	58,10	<b>74,4</b>	22,91	73,1
76,696	25,642	253,60	79,48	59,10	<b>75,7</b>	23,30	74,4
76,301	24,383	253,60	79,48	60,10	<b>77,0</b>	23,70	75,6
75,907	23,125	253,60	79,48	61,10	<b>78,2</b>	24,09	76,9
75,513	21,867	253,60	79,48	62,10	<b>79,5</b>	24,49	78,1
75,118	20,609	253,60	79,48	63,10	<b>80,8</b>	24,88	79,4
74,724	19,351	253,60	79,48	64,10	<b>82,1</b>	25,28	80,6
74,330	18,093	253,60	79,48	65,10	<b>83,4</b>	25,67	81,9
73,935	16,834	253,60	79,48	66,10	<b>84,6</b>	26,06	83,2
73,541	15,576	253,60	79,48	67,10	<b>85,9</b>	26,46	84,4
73,147	14,318	253,60	79,48	68,10	<b>87,2</b>	26,85	85,7
72,752	13,060	253,60	79,48	69,10	<b>88,5</b>	27,25	86,9
72,358	11,802	253,60	79,48	70,10	<b>89,8</b>	27,64	88,2
71,964	10,544	253,60	79,48	71,10	<b>91,0</b>	28,04	89,5
71,569	9,285	253,60	79,48	72,10	<b>92,3</b>	28,43	90,7
71,175	8,027	253,60	79,48	73,10	<b>93,6</b>	28,82	92,0
70,781	6,769	253,60	79,48	74,10	<b>94,9</b>	29,22	93,2
70,386	5,511	253,60	79,48	75,10	<b>96,2</b>	29,61	94,5
69,992	4,253	253,60	79,48	76,10	<b>97,4</b>	30,01	95,7
69,598	2,994	253,60	79,48	77,10	<b>98,7</b>	30,40	97,0
69,203	1,736	253,60	79,48	78,10	<b>100,0</b>	30,80	98,3

### 2.3.1. Залежність кінематичної в'язкості від температури

Провівши пошук у відкритих джерелах (в мережі інтерент), та використовуючи довідкову літературу підбираємо робочу гідравлічну рідину за класом SAE-10. Згідно характеристик гідравлічної рідини які наводить виробник маємо залежність яка показана на Рис.2.4.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		38

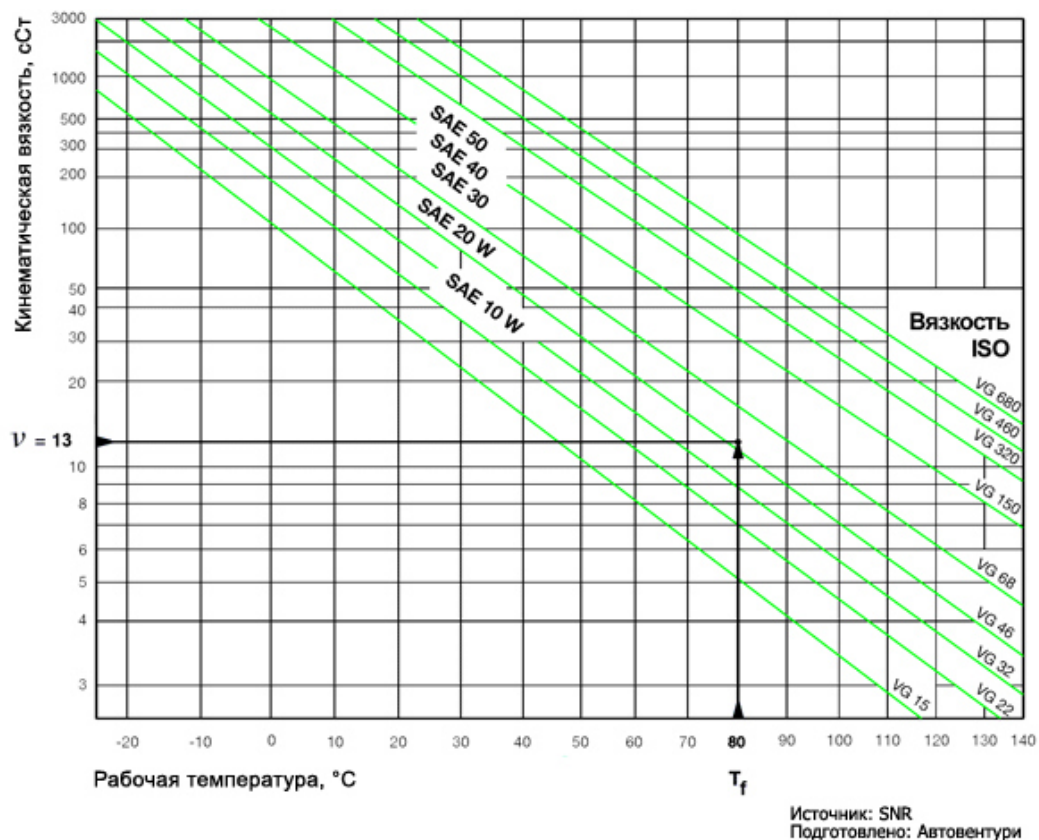


Рис. 2.4 – Залежність кінематичної в'язкості до температури

З даної залежності найточніше можемо визначити тільки наступні значення, які показані в Таблиці 2.2

Таблиця 2.2

Температура	Вязкість
-20	550
-10	220
0	110
10	60
20	36
30	24
40	16
50	11
60	8
70	6,3
80	5
90	4,1
100	3,5
110	2,8

За цими значеннями будуюмо графік, який має наступний вигляд Рис. 2.5

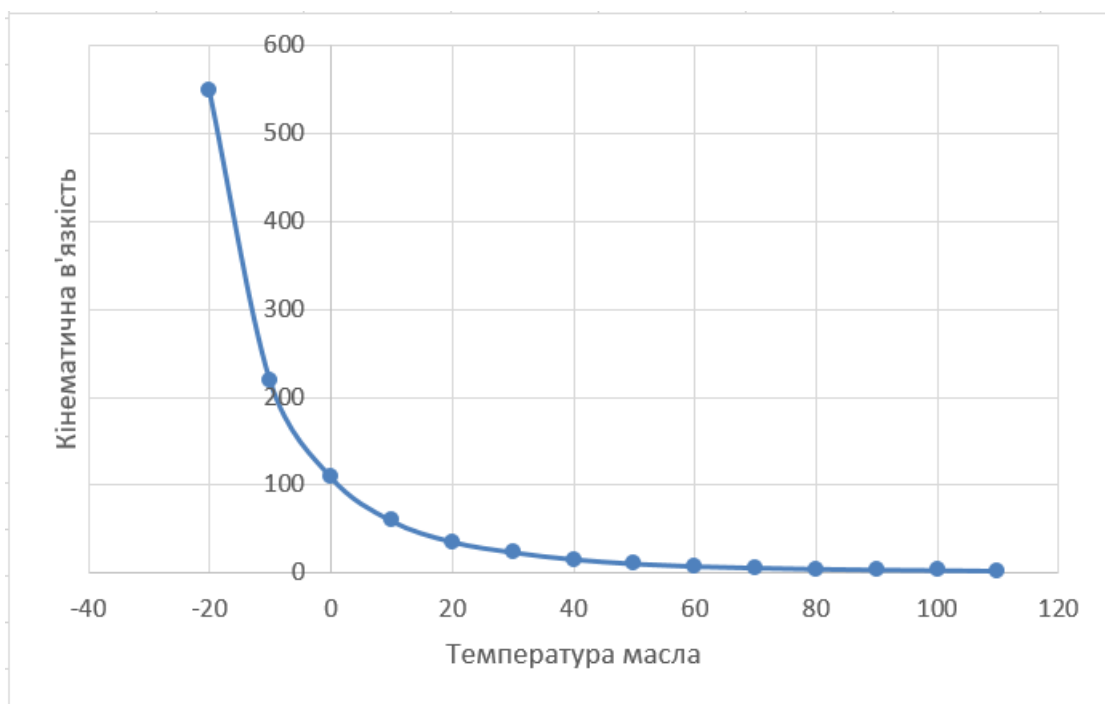


Рис. 2.5. – Графік залежність кінематичної в'язкості від температури

Задача полягає в тому, щоб знайти максимально точне відношення з мінімальним кроком, тому за допомогою поліноміальної регресії було знайдено функція графіку яка має мінімально можливу похибку відносно основного графіку.

$$f(x) = (0.0 \cdot x^0) + (-8.936209830398655 \cdot x^1) + (0.42509989125276865 \cdot x^2) + (-0.009359833894852386 \cdot x^3) + (9.09699859886065e - 05 \cdot x^4) + (-3.182662169365358e - 07 \cdot x^5)$$

Графік функції має наступний вигляд (Рис.2.6.)

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		40

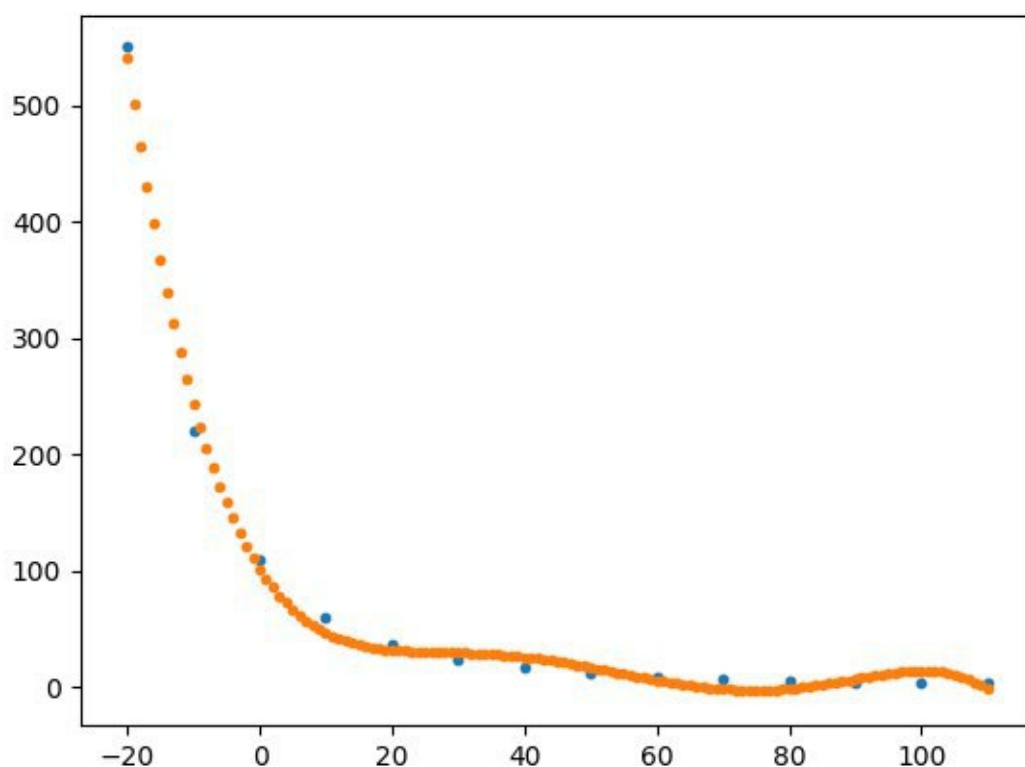


Рис. 2.6. – Графік поліноміальної функції

Із знайденого графіку, знаходимо залежність кінематичної в'язкості від температури з мінімальним кроком, та вносимо данні до Таблиці 2.3.

Таблиця 2.3.

Тем п.	Кінем. Вязк.	Тем п.	Кінем. Вязк.	Тем п.	Кінем. Вязк.	Тем п.	Кінем. Вязк.	Тем п.	Кінем. Вязк.
-20	540.93585	6	61.499413	32	29.069617	58	7.804628	84	1.079333
-19	501.81088	7	56.998451	33	28.821628	59	6.722303	85	1.906279
-18	465.04112	8	53.006042	34	28.530714	60	5.669484	86	2.787813
-17	430.52347	9	49.481323	35	28.192419	61	4.652309	87	3.714847
-16	398.15772	10	46.385308	36	27.803176	62	3.676806	88	4.677189
-15	367.84648	11	43.680852	37	27.360260	63	2.748859	89	5.663510

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ				Арк.
		Ночніченко І.В.							41
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

-14	339.49515	12	41.332610	38	26.861758	64	1.874163	90	6.661300
-13	313.01190	13	39.307001	39	26.306523	65	1.058195	91	7.656836
-12	288.30762	14	37.572167	40	25.694145	66	0.30616	92	8.635140
-11	265.29586	15	36.097939	41	25.024904	67	-0.37700	93	9.579943
-10	243.89282	16	34.855796	42	24.299737	68	-0.986745	94	10.473645
-9	224.01732	17	33.818827	43	23.520199	69	-1.518851	95	11.297275
-8	205.59072	18	32.961694	44	22.688423	70	-1.969535	96	12.030459
-7	188.53693	19	32.260592	45	21.807082	71	-2.335462	97	12.651376
-6	172.78232	20	31.693213	46	20.879356	72	-2.613785	98	13.136722
-5	158.25575	21	31.238705	47	19.908886	73	-2.802188	99	13.461673
-4	144.88845	22	30.877636	48	18.899740	74	-2.898919	100	13.599842
-3	132.61406	23	30.591957	49	17.856375	75	-2.902833	101	13.523249
-2	121.36854	24	30.364960	50	16.783598	76	-2.813426	102	13.202275
-1	111.09013	25	30.181242	51	15.686527	77	-2.630877	103	12.605627
0	101.71937	26	30.026668	52	14.570555	78	-2.356082	104	11.700301
1	93.198999	27	29.888331	53	13.441309	79	-1.990696	105	10.451541
2	85.473925	28	29.754513	54	12.304616	80	-1.537171	106	8.8228049
3	78.491223	29	29.614650	55	11.166458	81	-0.998790	107	6.7757202
4	72.200070	30	29.459290	56	10.032942	82	-0.379709	108	4.2700517
5	66.551709	31	29.280058	57	8.9102548	83	0.315002	109	1.2636603 5

Потрібно взяти до уваги те, що поліноміальний графік має похибку, тому значення які були знайдені на відрізку від 50 до 110 градусів, можуть мати певні відхилення в точності, але так як ділянка графіку на цьому відрізку наближається до прямої, тому цими відхиленнями можна знехтувати.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ				Арк.
		Ночніченко І.В.							42
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

Вплив температури робочої рідини на її кінематичну в'язкість описується числом Рейнольдса – безрозмірною величиною, яка описує співвідношення інерційних сил до сил в'язкісного тертя в рідинах та газах. Обчислюємо значення числа Рейнольдса для масиву прийнятих при проектуванні даних (температури та швидкості руху). Отримані значення розрахунків зводимо в Таблицю 2.4

Таблиця 2.4

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
v	101,7	93,2	85,4	78,4	72,2	66,5	61,5	57	53	49,5	46,4
V											
0,5	49,16	53,65	58,55	63,78	69,25	75,19	81,30	87,72	94,34	101,01	107,76
1	98,33	107,30	117,10	127,55	138,50	150,38	162,60	175,44	188,68	202,02	215,52
1,5	147,49	160,94	175,64	191,33	207,76	225,56	243,90	263,16	283,02	303,03	323,28
2	196,66	214,59	234,19	255,10	277,01	300,75	325,20	350,88	377,36	404,04	431,03
2,5	245,82	268,24	292,74	318,88	346,26	375,94	406,50	438,60	471,70	505,05	538,79
3	294,99	321,89	351,29	382,65	415,51	451,13	487,80	526,32	566,04	606,06	646,55
3,5	344,15	375,54	409,84	446,43	484,76	526,32	569,11	614,04	660,38	707,07	754,31
4	393,31	429,18	468,38	510,20	554,02	601,50	650,41	701,75	754,72	808,08	862,07
4,5	442,48	482,83	526,93	573,98	623,27	676,69	731,71	789,47	849,06	909,09	969,83
5	491,64	536,48	585,48	637,76	692,52	751,88	813,01	877,19	943,40	1010,10	1077,59

## Продовження таблиці 2.4

<b>t</b>	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
<b>v</b>	43,6	41,3	39,3	37,6	36	34,9	33,8	32,9	32,2	31,7	31,2

V											
0,5	114,6 8	121,0 7	127,2 3	132,9 8	138,8 9	143,2 7	147,9 3	151,9 8	155,2 8	157,73	160,26
1	229,3 6	242,1 3	254,4 5	265,9 6	277,7 8	286,5 3	295,8 6	303,9 5	310,5 6	315,46	320,51
1,5	344,0 4	363,2 0	381,6 8	398,9 4	416,6 7	429,8 0	443,7 9	455,9 3	465,8 4	473,19	480,77
2	458,7 2	484,2 6	508,9 1	531,9 1	555,5 6	573,0 7	591,7 2	607,9 0	621,1 2	630,91	641,03
2,5	573,3 9	605,3 3	636,1 3	664,8 9	694,4 4	716,3 3	739,6 4	759,8 8	776,4 0	788,64	801,28
3	688,0 7	726,3 9	763,3 6	797,8 7	833,3 3	859,6 0	887,5 7	911,8 5	931,6 8	946,37	961,54
3,5	802,7 5	847,4 6	890,5 9	930,8 5	972,2 2	1002, 87	1035, 50	1063, 83	1086, 96	1104,1 0	1121,7 9
4	917,4 3	968,5 2	1017, 81	1063, 83	1111, 11	1146, 13	1183, 43	1215, 81	1242, 24	1261,8 3	1282,0 5
4,5	1032, 11	1089, 59	1145, 04	1196, 81	1250, 00	1289, 40	1331, 36	1367, 78	1397, 52	1419,5 6	1442,3 1
5	1146, 79	1210, 65	1272, 26	1329, 79	1388, 89	1432, 66	1479, 29	1519, 76	1552, 80	1577,2 9	1602,5 6

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Начніченко І.В.				44
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		



## Продовження таблиці 2.4

<b>t</b>	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
<b>v</b>	30,9	30,6	30,3	30,1	30	29,9	29,8	29,6	29,4	29,3	29

V											
0,5	161,8 1	163,4 0	165,0 2	166,1 1	166,6 7	167,2 2	167,7 9	168,9 2	170,0 7	170,65	172,41
1	323,6 2	326,8 0	330,0 3	332,2 3	333,3 3	334,4 5	335,5 7	337,8 4	340,1 4	341,30	344,83
1,5	485,4 4	490,2 0	495,0 5	498,3 4	500,0 0	501,6 7	503,3 6	506,7 6	510,2 0	511,95	517,24
2	647,2 5	653,5 9	660,0 7	664,4 5	666,6 7	668,9 0	671,1 4	675,6 8	680,2 7	682,59	689,66
2,5	809,0 6	816,9 9	825,0 8	830,5 6	833,3 3	836,1 2	838,9 3	844,5 9	850,3 4	853,24	862,07
3	970,8 7	980,3 9	990,1 0	996,6 8	1000, 00	1003, 34	1006, 71	1013, 51	1020, 41	1023,8 9	1034,4 8
3,5	1132, 69	1143, 79	1155, 12	1162, 79	1166, 67	1170, 57	1174, 50	1182, 43	1190, 48	1194,5 4	1206,9 0
4	1294, 50	1307, 19	1320, 13	1328, 90	1333, 33	1337, 79	1342, 28	1351, 35	1360, 54	1365,1 9	1379,3 1
4,5	1456, 31	1470, 59	1485, 15	1495, 02	1500, 00	1505, 02	1510, 07	1520, 27	1530, 61	1535,8 4	1551,7 2
5	1618, 12	1633, 99	1650, 17	1661, 13	1666, 67	1672, 24	1677, 85	1689, 19	1700, 68	1706,4 8	1724,1 4

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Начніченко І.В.				45
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

## Продовження таблиці 2.4

<b>t</b>	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
<b>v</b>	28,8	28,5	28,2	27,8	27,3	26,8	26,3	25,7	25	24,3	23,5

V											
0,5	173,6 1	175,4 4	177,3 0	179,8 6	183,1 5	186,5 7	190,1 1	194,5 5	200,0 0	205,76	212,77
1	347,2 2	350,8 8	354,6 1	359,7 1	366,3 0	373,1 3	380,2 3	389,1 1	400,0 0	411,52	425,53
1,5	520,8 3	526,3 2	531,9 1	539,5 7	549,4 5	559,7 0	570,3 4	583,6 6	600,0 0	617,28	638,30
2	694,4 4	701,7 5	709,2 2	719,4 2	732,6 0	746,2 7	760,4 6	778,2 1	800,0 0	823,05	851,06
2,5	868,0 6	877,1 9	886,5 2	899,2 8	915,7 5	932,8 4	950,5 7	972,7 6	1000, 00	1028,8 1	1063,8 3
3	1041, 67	1052, 63	1063, 83	1079, 14	1098, 90	1119, 40	1140, 68	1167, 32	1200, 00	1234,5 7	1276,6 0
3,5	1215, 28	1228, 07	1241, 13	1258, 99	1282, 05	1305, 97	1330, 80	1361, 87	1400, 00	1440,3 3	1489,3 6
4	1388, 89	1403, 51	1418, 44	1438, 85	1465, 20	1492, 54	1520, 91	1556, 42	1600, 00	1646,0 9	1702,1 3
4,5	1562, 50	1578, 95	1595, 74	1618, 71	1648, 35	1679, 10	1711, 03	1750, 97	1800, 00	1851,8 5	1914,8 9
5	1736, 11	1754, 39	1773, 05	1798, 56	1831, 50	1865, 67	1901, 14	1945, 53	2000, 00	2057,6 1	2127,6 6

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Начніченко І.В.				46
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.4

<b>t</b>	44	45	46	47	48	49	50
<b>v</b>	22,6	21,8	20,8	19,9	18,9	17,8	16,8
<b>V</b>							
<b>0,5</b>	221,24	229,36	240,38	251,26	264,55	280,90	297,62
<b>1</b>	442,48	458,72	480,77	502,51	529,10	561,80	595,24
<b>1,5</b>	663,72	688,07	721,15	753,77	793,65	842,70	892,86
<b>2</b>	884,96	917,43	961,54	1005,03	1058,20	1123,60	1190,48
<b>2,5</b>	1106,19	1146,79	1201,92	1256,28	1322,75	1404,49	1488,10
<b>3</b>	1327,43	1376,15	1442,31	1507,54	1587,30	1685,39	1785,71
<b>3,5</b>	1548,67	1605,50	1682,69	1758,79	1851,85	1966,29	2083,33
<b>4</b>	1769,91	1834,86	1923,08	2010,05	2116,40	2247,19	2380,95
<b>4,5</b>	1991,15	2064,22	2163,46	2261,31	2380,95	2528,09	2678,57
<b>5</b>	2212,39	2293,58	2403,85	2512,56	2645,50	2808,99	2976,19

За допомогою отриманих даних будуюмо графік залежності Числа Рейнольдса до кінематичної в'язкості(температури) Рис.2.7.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		47

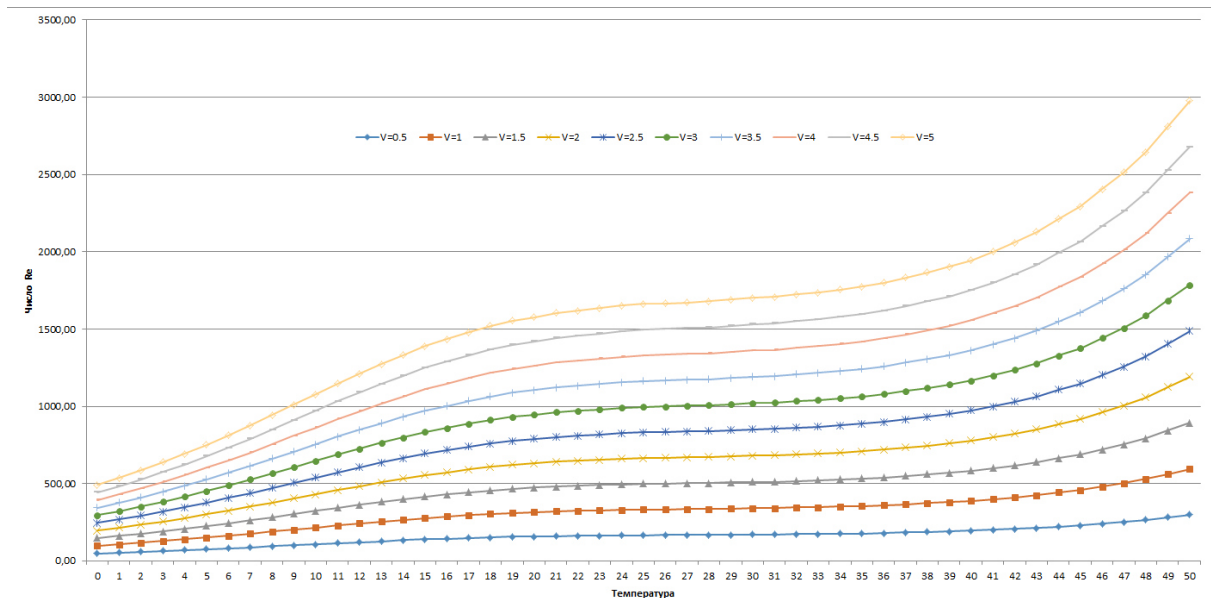


Рис. 2.7. – Графік залежність числа Рейнольдса до кінематичної в'язкості (температури) рідини в залежності від швидкості руху рідини

Спираючись на науково-дослідні роботи [4,5] проведені в лабораторіях КПІ та з огляду на умови виконання дипломного проекту на карантині в умовах всесвітньої пандемії (зокрема неможливість використання експериментальних даних отриманих власноруч, використання науково-технічної бази КПІ, тощо) адаптуємо раніше отримані експериментальним шляхом дані до цього проекту. Також використовуємо проведені в цьому проекті обчислення. В результаті отримуємо масив даних, які внесені до Таблиці 2.5.

Таблиця 2.5. Розрахунок відкриття керованого дроселю до температури

Поршень, Qв, %	Поршень, Qс, %	Поршень, Sв, мм2	Поршень, Sс, мм3	Кер Дросель, S, мм2	Кер Дросель, переріз, %	Температура, С
100,000	100,000	253,60	79,48	0,00	0	11
95,662	86,160	253,60	79,48	11,00	14	12
92,902	77,353	253,60	79,48	18,00	23	13
91,325	72,320	253,60	79,48	22,00	28	14
88,959	64,771	253,60	79,48	28,00	36	16
88,170	62,255	253,60	79,48	30,00	38	17
87,776	60,996	253,60	79,48	31,00	40	18

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				48
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

85,804	54,706	253,60	79,48	36,00	<b>46</b>	<b>19</b>
84,227	49,673	253,60	79,48	40,00	<b>51</b>	<b>20</b>
83,438	47,157	253,60	79,48	42,00	<b>54</b>	<b>21</b>
82,650	44,640	253,60	79,48	44,00	<b>56</b>	<b>22</b>
82,256	43,382	253,60	79,48	45,00	<b>58</b>	<b>23</b>
81,467	40,866	253,60	79,48	47,00	<b>60</b>	<b>24</b>
81,073	39,607	253,60	79,48	48,00	<b>61</b>	<b>25</b>
80,284	37,091	253,60	79,48	50,00	<b>64</b>	<b>26</b>
79,890	35,833	253,60	79,48	51,00	<b>65</b>	<b>27</b>
79,495	34,575	253,60	79,48	52,00	<b>67</b>	<b>28</b>
78,707	32,058	253,60	79,48	54,00	<b>69</b>	<b>29</b>
77,918	29,542	253,60	79,48	56,00	<b>72</b>	<b>30</b>
77,524	28,284	253,60	79,48	57,00	<b>73</b>	<b>31</b>
75,552	21,993	253,60	79,48	62,00	<b>79</b>	<b>32</b>
75,158	20,735	253,60	79,48	63,00	<b>81</b>	<b>33</b>
74,763	19,477	253,60	79,48	64,00	<b>82</b>	<b>34</b>
74,369	18,218	253,60	79,48	65,00	<b>83</b>	<b>35</b>
73,975	16,960	253,60	79,48	66,00	<b>85</b>	<b>36</b>
73,186	14,444	253,60	79,48	68,00	<b>87</b>	<b>37</b>
72,003	10,669	253,60	79,48	71,00	<b>91</b>	<b>38</b>
71,609	9,411	253,60	79,48	72,00	<b>92</b>	<b>39</b>
70,820	6,895	253,60	79,48	74,00	<b>95</b>	<b>40</b>
70,032	4,378	253,60	79,48	76,00	<b>97</b>	<b>41</b>
69,243	1,862	253,60	79,48	78,00	<b>100</b>	<b>42</b>

За даними з Таблиці 2.5. будуємо графік, на якому графічно зображено величина відкриття керованого дроселю відносно до температури робочої рідини. Рис.2.8.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		49

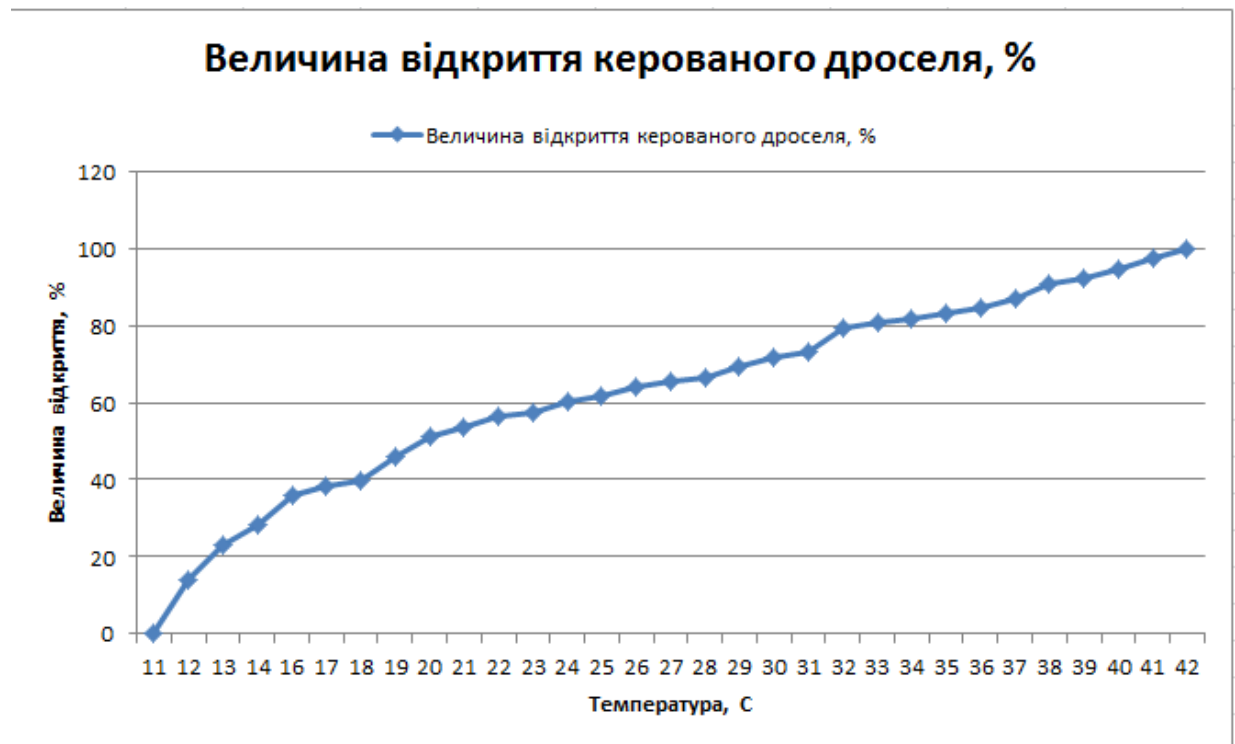


Рис. 2.8. – Графік величини відкриття керованого дроселя відносно до температури робочої рідини.

Значення робочого перерізу керованого дроселя обладнаного кроковим двигуном будуть використовуватися під час програмування мікроконтролера який керує клапаном. Враховуємо при цьому, що при отриманні сигналу від датчика прискорення (різкий розгін, або різке гальмування) контролер буде видавати команду на повне відкриття або закриття керованого дроселя ігноруючи значення температури. Цим буде забезпечено максимальну реалізацію гальмівного або крутного моменту на колесах транспортного засобу, а також це зменшить такі негативні моменти як «кльовання» при гальмуванні та розвантаження передньої осі під час різкого прискорення.

### 3. МАРШРУТНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ГАЙКИ КОРПУСА

У даному розділі буде розглянуто процес і технологія виготовлення деталі «Гайка корпуса» (рис. 3.1), що призначена для фіксації верхньої кришки циліндра гідравлічного амортизатора.

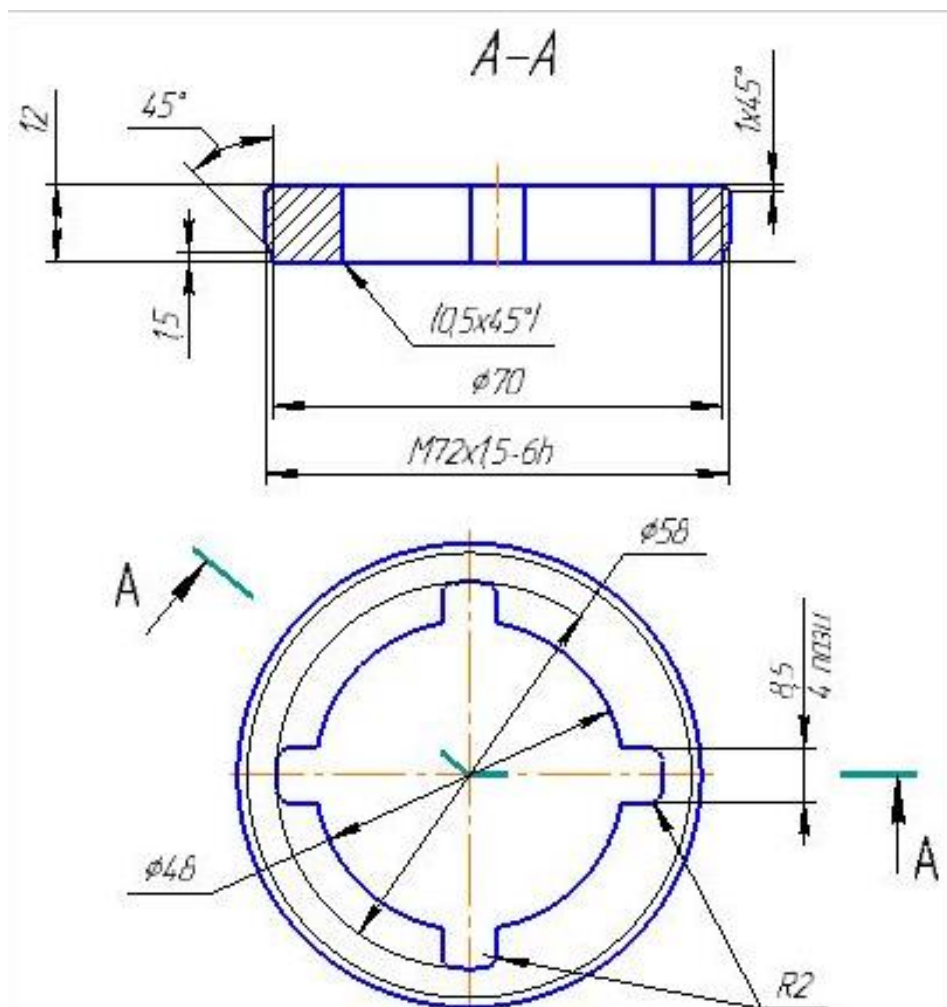


Рис.3.1. Робоче креслення деталі.

#### 3.1. Технологічний контроль креслення

В ході технологічного контролю креслення виявлено наступне:

- На кресленні поставленні всі розміри, які необхідні для виготовлення деталі;

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				51
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

- Вимоги до точності виготовлення поверхонь деталі «Панель керування» відповідають вимогам, які пред'явленні до шорсткості цих поверхонь
- Шорсткість не всіх поверхонь деталі проставлена по ГОСТ 2789 – 73 допуски та граничні відхилення розмірів відповідають ГОСТ 25346 – 82 та ГОСТ 25347 – 82;
- Допуски форм і розташування поверхонь відповідає ГОСТ 24643 – 81;
- Вимоги до точності виготовлення поверхонь деталі „Гайка корпусу” відповідають вимогам, які пред'явленні до шорсткості цих поверхонь.

### 3.2. Аналіз призначення та умов роботи деталі у вузлі

Деталь «Гайка корпусу» призначена для фіксації верхньої кришки циліндра гідравлічного амортизатора. Її виготовлено з круга діаметром 75 мм, сталь 30Х. Також сталь використовується для виготовлення деталей зубчатих передач, черв'ячних валів, шліцьових валів, проміжних осей, шпинделів і валів, працюючих в підшипниках кочення.

Сталь 30Х має наступний хімічний склад та механічну характеристику ГОСТ 1412 - 85. Данні зводимо до таблиць 3.1 і 3.2.

Таблиця 3.1 Хімічний склад сталі 30Х(ГОСТ 4543 - 84), %

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
Не менш ніж:						
3,2 - 3,4	1,4 - 2,2	0,7 - 1,0	0,2	0,15	0,30	0,50

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		52



Таблиця 3.2 Механічні властивості сталі 30Х

$\sigma_B$ , кгс\мм <sup>2</sup>	$\sigma_T$ , кгс\мм <sup>2</sup>	$\delta$	$\psi$	$a$	НВ
$\geq 75$	$\geq 52$	$\geq 15$	$> 50$	$\geq 6$	230...285

Висновок: матеріал заготовки сталь 30Х ГОСТ4543-84 відповідає заданим умовам роботи деталі в вузлі і може забезпечити надійну працездатність деталі. Конструктивні особливості деталі відповідають службовому призначенню.

### 3.3. Визначення типу виробництва

Для обґрунтування типу виробництва необхідно описати його за коефіцієнтом закріплення операцій,

$$K_{з.о.} = \frac{\sum_{i=1}^n OP_1}{\sum_{j=0}^m PM_j}$$

Але скористаємося табличним наближеним методом за рахунок маси та річного обсягу виробництва і визначаємо тип виробництва якісно. Після цього відповідно до стандарту, який встановлює чисельне значення  $K_{з.о.}$  для даного типу виробництва вибираємо його конкретне значення.

У відповідності до таблиці, тип виробництва згідно з ГОСТ 3.1108-74 :

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		53

1.  $K_{з.о.} = 1$  — масове виробництво.
2.  $1 < K_{з.о.} < 10$  — великосерійне виробництво.
3.  $10 < K_{з.о.} < 20$  — середньосерійне виробництво.
4.  $20 < K_{з.о.} < 40$  — малосерійне виробництво.
5.  $K_{з.о.} \geq 40$  — одиничне виробництво.

Висновок: всі подальші технологічні рішення будемо розробляти для умов середньосерійного типу виробництва з  $K_{з.о.} = 13$ .

### 3.4. Відпрацювання конструкції деталі на технологічність

Технологічність – це властивості виробу, які дозволяють забезпечити найбільшу простоту та дешевизну в реалізації технологічного процесу.

Відпрацювання технологічності являє собою комплекс заходів із забезпечення необхідного рівня технологічності конструкції по встановленим показникам, направлені на підвищення продуктивності праці, зниженню затрат і скорочення часу на виготовлення виробу при витримуванні його найкращої якості.

Оцінка технологічності може бути двох видів:

- Якісна
- Кількісна.

Якісна оцінка характеризує технологічність конструкції взагалі на основі досвіду і допускається на всіх етапах проектування як попередня.

Кількісна оцінка технологічності виробу виражається числовим показником і раціональна у тому випадку, коли ці показники сильно впливають на технологічність виробу.

#### 3.4.1. Якісні характеристики технологічності

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		54

Матеріал виробу – Сталь 30Х, використовується для виготовлення деталей підвищеної міцності, які працюють при середніх швидкостях і середніх питомих тисках. В нашому випадку матимуть місце знакозмінні навантаження, а також шкідливий вплив зовнішнього середовища.

В конструкції деталі необхідно передбачати як найбільшу кількість поверхонь, що не оброблюються. Поверхні, що обробляються повинні бути простими. При обробці деталі не потрібно використовувати спеціальний різальний інструмент, всі поверхні є легкодоступні. Забезпечується точне та надійне базування в процесі обробки.

### 3.4.2. Кількісні характеристики технологічності

1. Рівень технологічності конструкції по точності обробки:

Де  $K_{б.тч}$ ,  $K_{тч}$  — відповідно базовий і отриманий коефіцієнти точності обробки.

Коефіцієнт точності обробки  $K_{тч}$  визначається по формулі :

$$K_{утч} = \frac{K_{утч}}{K_{тч}}$$

$$K_{утч} = 1 - \frac{1}{T_c} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum T_i} = 1 - \frac{1}{18} = 0,94$$

$T_c$  — середній клас точності обробки виробу;

$n_i$  — кількість розмірів одного класу точності;

$T$  — клас точності обробки.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		55

Таблиця 3.3 Кількісна характеристика.

Поверхня	Квалітет			
	6	9	11	12
Циліндрична	-	1	1	-
Різьбова	-	-	-	1
Лінійна	-	-	4	-

$$T_c = \frac{1 \cdot 9 + 5 \cdot 11 + 1 \cdot 12}{1 + 5 + 1} = \frac{126}{7} = 18$$

$K_{мч} = 0,94 > 0,8$  - ця умова виконується.

2.Рівень технологічності конструкції по шорсткості поверхонь:

$$Ш_{ср} = \frac{\sum Ш_{ni}}{\sum ni} = \frac{n1 + 2n2 + 3n3 + \dots}{n1 + n2 + n3 + \dots}$$

де  $K_{б.ш}$ ,  $K_{ш}$  — відповідно базовий та отриманий коефіцієнти шорсткості поверхні.

Таблиця 3.4 Коефіцієнти шорсткості поверхні

Поверхня	Шорсткість					
	0.16	0.63	2.5	3,2	6,3	12,5
Циліндрична	-	-	-	-	2	-
Різьбова	-	-	-	-	1	-
Лінійна	-	-	-	-	5	-

$$Ш_{ср} = \frac{8 \cdot 63}{2 + 1 + 5} = \frac{50,4}{8} = 6,3$$

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{\text{ш}_{\text{ср}}} = \frac{1}{6,3} = 0,16$$

$$K_{\text{ш}} = 0,16 < 0,32$$

Висновок: в цілому, по якісним і за кількісними показникам деталь є технологічною.

### 3.5. Техніко - економічне обґрунтування вибору методу виготовлення заготовки

Головним чинником при виборі методу отримання заготовки є забезпечення заданої якості готової деталі при її мінімальній собівартості.

Технологічні процеси отримання заготовок визначаються технологічними властивостями матеріалу, конструкцією, формами та розмірами деталі, а також об'ємами виробництва.

Заготовки в машинобудуванні можуть бути отримані такими методами: литтям, куванням, пресуванням, штампуванням, з прокату, комбінованими методами.

На вибір методу виготовлення заготовки мають вплив :

- матеріал деталі.
- її призначення та технічні вимоги на виготовлення.
- об'єм та серійність випуску.
- форма та розміри деталі.

Правильний вибір виду заготовки багато у чому визначає ефективність процесу обробки різанням, якість деталі та її вартість.

Ми отримуємо заготовку з прокату, тому, що собівартість цієї заготовки найменша, а конструкція деталі має незначні перепади діаметрів.

Висновок: заготовку отримуємо з прокату. Маса заготовки 0,3 кг.

### 3.6. Вибір та обґрунтування схеми базування

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				57
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Якість виготовлення деталей в значній степені залежить від правильного вибору технологічних баз, оскільки неправильний вибір зміщує положення заготовки відносно інструмента, призводить до похибки обробленої поверхні, створює нерівномірність припусків на обробку й може служити причиною браку.

При обробці деталей на верстатах заготовки повинні бути правильно орієнтовані ті закріплені на верстатах. Базуванням називається надання заготовці або виробу потрібного положення відносно обраної системи координат верстата. Поверхні заготовок або деталей, які використовуються при базуванні, називаються базами. У відповідності до єдиної системи технологічної документації (ЄСТД) за своїм призначенням та областю застосування у машинобудуванні бази поділяються на конструкторські, вимірювальні та технологічні, які використовуються при складальних операціях або при механічному обробленні. Конструкторські бази підрозділяються на основні та допоміжні. Основною називається така конструкторська база, яка використовується для визначення положення деталі у складальній одиниці.

Загальний алгоритм вибору ТБ передбачає два послідовних вирішення завдання. На першому етапі обґрунтовується вибір загальних технологічних баз – ЗТБ.

ЗТБ є незмінний комплект баз заготовки, застосування якого для більшості технологічних операцій дає змогу виконати оброблення більшості поверхонь деталі. Для підвищення точності оброблення на операціях технологічного процесу важливим є суміщення основних конструкторських баз (ОКБ) з загальними технологічними базами (ЗТБ), тому після класифікації поверхонь деталі перевіряємо можливість суміщення ОКБ та ЗТБ.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				58
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Основними конструкторськими базами деталей класу валів та вісей є поверхні, на яких встановлюються підшипники.

Використовуючи ці робочі поверхні для базування в процесі оброблення неможливо, що обумовлює необхідність створення додаткових технологічних баз. Такими базами для валів є центрові отвори, що виготовляються в торцевих поверхнях валу.

Відповідно до цього ЗТБ валу є центрові отвори, що забезпечують можливість без їх зміни обробити всі поверхні.

### 3.7. Проектування технологічних послідовностей оброблення поверхонь

Послідовність обробки поверхонь представлено на (Рис. 3.2) та табл. 3.5.

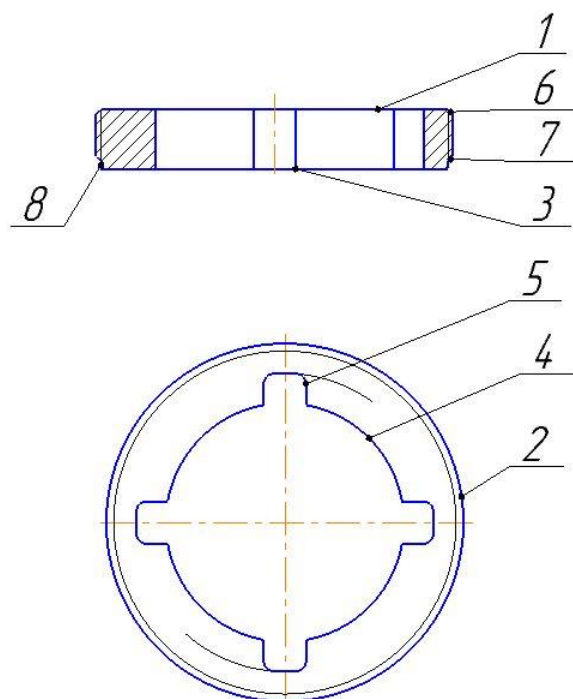


Рис.3.2. Послідовність обробки поверхонь.

Таблиця 3.5.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				59
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Поверхні	IT <sub>i</sub>	R <sub>a</sub>	Послідовність обробки	IT <sub>i</sub>	R
	За кресленням			Після оброблення	
1	11	6,3	Обточування торця	11	6,3
2	11	6.3	Обточування поверхні	11	6,3
3	11	6,3	Відрізання	11	6,3
4	9	6,3	Проточування отвору	9	5 6,3
5	11	6.3	Фрезерування пазів		6,3
6	14	6,3	Зняття фаски	14	6,3
7	11	6.3	Зняття фаски	11	6,3
8	12	6,3	Обточування поверхні	6	6,3
2	12		Нарізання різьби	6	6,3

### 3.8. Проектування варіантів маршрутних технологічних процесів

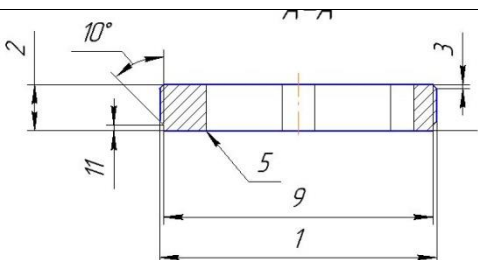
		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

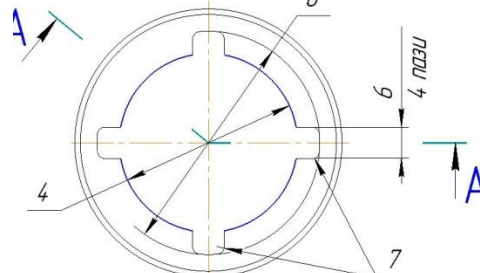
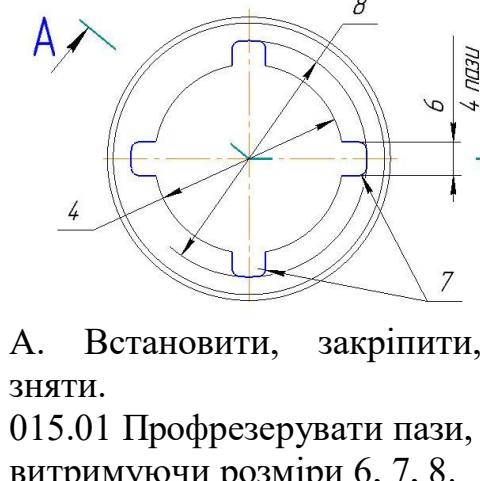
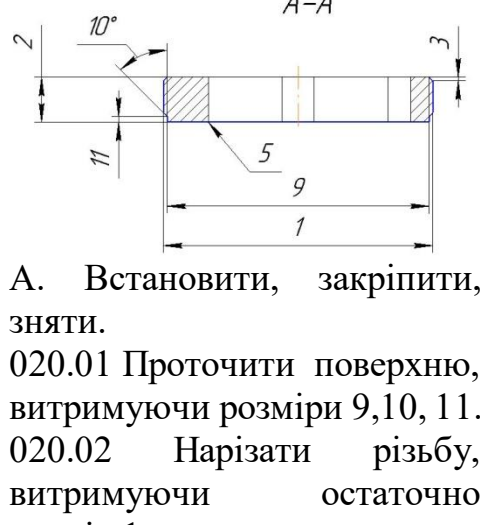


На даному етапі проектування необхідно розробити маршрутний технологічний процес обробки заданої деталі. При розробці маршрутної технології для реалізації кожної технологічної операції встановлюють групу і модель верстата, необхідні пристосування та інструмент.

В таблиці 3.6 наведений один з раціональних варіантів маршрутного технологічного процесу.

Таблиця 3.6.

Назва операції та теоретична схема базування	Вид обладнання	Система оснастки	Різальний Інструмент
1	2	3	4
 <p>А. Встановити, закріпити, зняти.</p> <p>005.01 Тоцевати поверхню.</p> <p>005.02 Точити поверхню попередньо, витримуючи розміри 1.</p> <p>005.03 Точити поверхню, витримуючи розмір 3.</p> <p>005.04 Точити поверхню, попередньо витримуючи розмір 2.</p>	Токарний верстат А1- 616	Універсальна	Різець прохідний          Різець відрізний

	Токарний верстат А1-616	Універсальна	Різець прорізний
<p>А. Встановити, закріпити, зняти.</p> <p>010.01 Проточити отвір, витримуючи розмір 4.</p> <p>010.02 Проточити фаску, витримуючи розмір 5.</p>			
 <p>А. Встановити, закріпити, зняти.</p> <p>015.01 Профрезерувати пази, витримуючи розміри 6, 7, 8.</p>		Універсальна	Фреза кінцева 8,5мм. Фреза кінцева 2мм.
 <p>А. Встановити, закріпити, зняти.</p> <p>020.01 Проточити поверхню, витримуючи розміри 9,10, 11.</p> <p>020.02 Нарізати різьбу, витримуючи остаточно розмір 1.</p>	Токарний верстат А1-616	Оправка розжимна	Різець прохідний  Різець різьбовий

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Начніченко І.В.				62
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження Таблиці 3.6.

Слюсарна 025.01 Гострі кромки притупити			
Мийочна			
Контрольна			

Перевірити витримку розмірів згідно з кресленням деталі.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Тема моєї дипломної роботи – «Розробка керованого (мехатронного) гідравлічного амортизатора». У розділі проводиться аналіз охорони праці на робочому місці під час дипломного проектування. У зв'язку із пандемією в світі та карантинних обмежень дане проектування проводиться в кімнаті квартири вдома, на персональному комп'ютері.

У розділі буде розглянуто такі питання як мікроклімат, освітлення, електробезпека та пожежна безпека.

### 4.1. Мікроклімат

Робочою зоною являється кімната в квартирі, яка була постійним робочим місцем під час роботи над дипломним проектом (рис.4.1). Характеристика житлової площі з врахуванням проживання 1 особи в кімнаті наведено в таблиці 4.1.

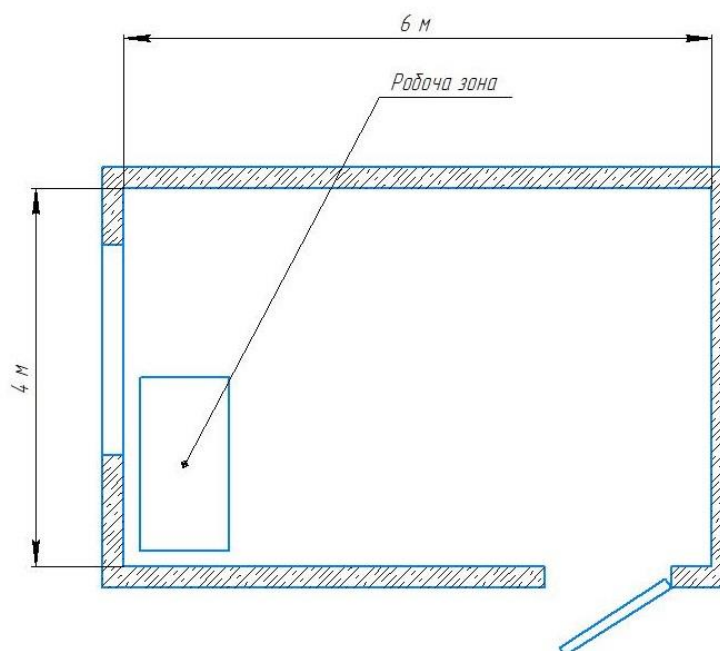


Рис.4.1. План приміщення

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Начніченко І.В.				64
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

1. висота  $h = 2.7\text{м}$ ;
2. довжина  $a = 6\text{м}$ ;
3. ширина  $b = 4\text{м}$ .

Таким чином, визначимо площу и об'єм навчальної аудиторії:

$$S = b \cdot a = 4 \cdot 6 = 24\text{м}^2;$$

$$V = b \cdot a \cdot h = 4 \cdot 6 \cdot 2,7 = 64,8\text{м}^3.$$

Таким чином, порівнюємо фактичні дані, з нормативними.:

Таблиця 4.1.Характеристика приміщення

	Мінімальне значення	Дійсне значення
Житлова площа на 1 особу, $\text{м}^2$ .	6	24
Об'єм житлового приміщення на 1 особу, $\text{м}^3$ .	20	64,8
Ширина двірного прозору, м.	0,8	1,2
Розмір вікна, $\text{м}^2$ .	0,9	3

Величини показників мікроклімату у робочій зоні порівнюються з оптимальними показниками умов мікроклімату приміщення. Виходячи з ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», визначаємо дану роботу, як легку фізичну роботу (категорія Ia) при якій витрата енергії дорівнює 105-140 Вт (90-120 ккал/год) – категорія Ia, тобто робота, що виконується сидячи і не потребує фізичного напруження.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				65
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметри мікроклімату наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 Характеристики мікроклімату приміщення

Категорія Ia, теплий період року	Допустиме значення	Дійсне значення	Відповідність нормам
Температурі повітря, ° C	22-24	24	Відповідає
Відносна вологість, %	60-40	48	Відповідає
Швидкість руху повітря, м/с	Не більше 0.1	0.1	Відповідає

Проаналізувавши мікроклімат на робочому місці можна зробити висновок, що він відповідає вимогам.

## 4.2.Освітлення

Недостатня або надмірна освітленість, нерівномірність освітлення в полі зору втомлює очі, призводить до зниження продуктивності праці, при цьому зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. Надмірна яскравість джерел світла може спричинити головний біль, різь в очах, розлад гостроти зору, а світлові відблиски - тимчасове засліплення.

Приміщення з постійним перебуванням людей повинно мати, як правило, природне освітлення, проте природньому освітленню властиві недоліки : воно непостійне в різні періоди доби та пори року; нерівномірно розподіляється по площі виробничого приміщення, при незадовільній його організації може викликати засліплення органів в зору.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		66

Штучне освітлення передбачається в усіх виробничих та побутових приміщеннях, де недостатньо природного світла, а також для освітлення приміщень у темний період доби, під час якого в основному і проводилась робота над дипломним проектом. При розрахунку штучного освітлення було забезпечено сприятливі умови для зорової роботи.

Визначення відповідності освітленості приміщення нормативним значенням штучного освітлення робочої зони визначаю згідно ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» нормоване значення освітленості у робочому приміщенні.

Індекс приміщення:

$$i = \frac{a + b}{h_c(a + b)} = \frac{6 * 4}{1,9(6 + 4)} = 1,26$$

де  $a=6$  м і  $b=4$  м довжина і ширина приміщення,

$h_c= 1,9$  м – висота підвісу світильника.

Виходячи з індексу приміщення ( $i$ ) та коефіцієнтів відбиття стелі, стін та підлоги ( $p_{сл}$ ,  $p_{су}$ ,  $p_{п}$ ), визначимо коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta$ .

Визначимо фактичне значення освітленості приміщення  $E_\phi$ :

$$E_\phi = \frac{F * N * n * \eta}{S * k * z}$$

де  $N = 2$  – кількість світильників, од.

$n = 5$  – кількість ламп в світильнику, од.

$\eta = 0,51$  – коефіцієнт використання світлового потоку,

$S = 24$  м<sup>2</sup> – площа приміщення,

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				67
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$k = 1,5$  – коефіцієнт запасу,

$z = 1,1$  – коефіцієнт нерівномірності.

$$E_{\Phi} = \frac{F * N * n * \eta}{S * k * z} = \frac{1500 * 2 * 5 * 0,51}{24 * 1,5 * 1,1} = 193,2$$

Перевіримо фактичне значення освітлення:

$$\frac{E_H - E_{\Phi}}{E_H} * 100\% = \frac{200 - 193,2}{200} = 3,4\%$$

Підібране джерело освітлення, а саме “ Лампа світодиодная промышленная Horoz Electric Torch-20 20 Вт 1500 Лм” освітлення відповідає всім нормам ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».

### 4.3.Електробезпека

Електробезпека електронно-обчислюваної техніки має відповідати вимогам НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок».

Електронно-обчислювальна техніка, електропроводи та кабелі за виконанням і ступенем захисту мають мати апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів.

Під час монтажу та експлуатації ліній електромережі необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела загорання внаслідок короткого замикання та перевантаження проводів, обмежувати застосування проводів з легкозаймистою ізоляцією, і за можливості застосувати негорючу ізоляцію.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		68



Лінія електромережі для живлення електронно-обчислювальних машин виконується як окрема групова трипровідна мережа шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів. Не допускається використовувати нульовий робочий провідник як нульовий захисний.

Нульовий захисний провідник прокладається від стійки групового розподільного щита, розподільного пункту до розетки електроживлення.

Не допускається підключати на щиті до одного контактного затискача нульовий робочий та нульовий захисний провідник.

Не допускається підключати електронно-обчислювані машини до звичайних двопровідних електромереж, в тому числі – з використанням перехідних пристроїв.

При організації робочих місць операторів електромережу штепсельних розеток для живлення електронно-обчислюваної техніки у центрі приміщення прокладають у канал або під знімною підлогою в металевих трубах або гнучких металевих рукавах. При цьому не допускається застосовувати провід і кабель в одній ізоляції з вулканізованої гуми та інші матеріали, які містять сірку.

#### 4.4. Пожежна безпека

У дипломній роботі було проаналізовано особливості пожежної небезпеки у житлових будинках, та рекомендовано ряд заходів що спрямовані на забезпечені пожежної безпеки в приміщенні.

Перелік документів за якими дотримується протипожежний захист житлових будинків:

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		69

1. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків, установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою».
2. НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».
3. ДБН В.1.1.7-2016 «Протипожежні норми проектування будівель та споруд»».

Особливостями пожежної безпеки у житлових будинках є:

- відсутність пожежної спецтехніки, необхідної для евакуації людей;
- дороги, проїзди й проходи до будівель, споруд, пожежних вододжерел, підступи до зовнішніх стаціонарних пожежних драбин, пожежного інвентарю, обладнання та засобів пожежогасіння можуть бути перекриті припаркованими авто);
- швидке розповсюдження диму по сходовим клітинам, ліфтовим шахтам, сміттєпроводам, вентиляційним каналам та ззовні будівлі;

Основні запобіжні заходи і правила пожежної безпеки при експлуатації електричних та нагрівальних приладів, що використовуються у побуті такі:

- нагрівальні прилади можна встановлювати тільки на негорючі підставки ;
- забороняється залишати прилади включені, без нагляду;
- забороняється включати в одну розетку одночасно декілька приладів;
- необхідно спостерігати за щільністю контактів в місцях приєднання проводів приладів до вилки, клем між собою тощо;
- небезпечно замінювати запобіжники, що перегоріли, в телевізорах, приймачах і інших побутових приладах саморобними або плавкими запобіжниками.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				70
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Протипожежні системи, установки (протидимовий захист, пожежна автоматика, протипожежне водопостачання, протипожежні двері, клапани тощо) повинні постійно утримуватися у справному робочому стані.

Для запобігання розповсюдження пожежі квартира обладнана засобами пожежної зв'язку та сигналізацією за ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту» та телефоном загальноміської мережі для зв'язку з пожежною охороною.

Пожежна сигналізація в квартирі електрична, основою якої є фотоелектрична сигналізація (фотореле). Фотоелектрична сигналізація спрацьовує внаслідок затемнення димом світлового променя, спрямованого на фотоелемент.

Для такого приміщення підбираємо Вогнегасник вуглекислотний ВВК-1,4 (ОУ 2) в кількості 1 шт.

#### 4.5.Висновки

Під час роботи над розділом мною було проведено аналіз (робочого приміщення), а саме житлової кімнати в квартирі, щодо її пожежної та електробезпеки. Визначено заходи які проводяться для запобігання ураження струмом і виникнення пожежі. Також зроблено аналіз мікроклімату та освітлення робочого місця. За результатами розрахунків було виявлено що робоче приміщення для проектування дипломної роботи повністю задовольняє вимогам нормативних документів.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		71

## ВИСНОВКИ

1. Проведення аналізу конструкцій телескопічних гідравлічних амортизаторів підтвердив, що проблема небажаної зміни характеристик сучасних конструкцій амортизаторів стоїть доволі гостро. Подальше покращення комфорту та керованості транспортних засобів вбачається через впровадження мікроконтролерних систем керування елементами автомобіля, зокрема елементами підвіски – амортизаторами.
2. Спроектований двохтрубний гідравлічний амортизатор з регульованим дросельним клапаном із кроковим двигуном, який керується мікроконтролером на основі отриманих даних від датчиків температури робочої гідравлічної рідини та датчика прискорення дозволяє змінювати в режимі реального часу характеристики амортизатора, а отже і підвіски в цілому при змінах умов експлуатації транспортного засобу.
3. Запропонована принципова схема роботи, із додаванням датчика прискорення дозволяє максимально використовувати потенціал транспортного засобу та значно покращує комфорт та безпеку руху.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		72

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Введено в механотронику : Учеб. Пособие для студ. Спец. «Гидравл. И пневмат. машины », «Прикладная механика», «Инженерная механика» / О.М.Яхно, А.В.Узунов, А.Ф.Луговской и др.- К.: НТУУ «КПИ», 2008.-528 с.
2. Платонов В.Ф. Полноприводные автомобили. – М.:Машиностроение, 1989.-321с.
3. Сошин А.П. Рождественский С, Н. Колесниченко К.А.  
Гидравлический демпфер для работы в широком диапазоне температур – М.:Машиностроение, 1966.-364-369с.
4. Вплив температурних змін характеристик дроселів на роботу гідравлічного амортизатора, / І.В. Ночніченко, О.С. Галецький, О.В. Узунов // Вісник НТУ «КПІ». – 2009. – № 57. – С. 157–163.
5. Уточнення коефіцієнту витрати для гідравлічних дроселів клапанно-дросельних груп,/ Узунов О.В., Ночніченко І.В., Галецький О.С. // Вісник НТУУ «КПІ». Серія машинобудування №3 (72). 2014 169-173с.
6. Й. Райпель «Шасси Автомобиля Амортизаторы, шины и колеса » Москва «Машиностроение» 1986 . -12с.
7. Быков К.П., Шленчик Т.А. автомобили «Таврия» , «Славута» ЗАЗ-110206, ЗАЗ-1103, ЗАЗ-1105 и их модификаций. Устройство, эксплуатация, ремонт. Пособие по ремонту/ Ред.Т.А. Шленчик – ПКФ «Ранок», 2006.-256 с.:ил.-103-107 с.
8. Й. Райпель «Шаси автомобиля» Москва «Машиностроение» 1978. - 120с.
9. Й.Райпель «Шаси автомобиля Рулевое управление» Москва «Машиностроение» 1987. -110с.
10. Й.Райпель «Шаси автомобиля Элементы подвески» Москва «Машиностроение» 1983. -54с.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				73
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Й.Райпель «Шасси автомобиля конструкции подвесок» Москва «Машиностроение» 1983. -25с.
- 12.Автомобілі. Основи конструкції, теорія. Навч. пос. Издательство: Арістей с. 288, 2008 г.
- 13."Оснoви констpукції автомобілів. Хoдoвa чacтинa. Нaвчaльний пoсібник.- Вiнниця: ВНТУ, 2006 – 59 с.
- 14.Успенский И. Н. Проектирование подвески автомобиля. / И. Н. Успенский Горький, 1971.
- 15.Конструирование и расчет автомобиля. Подвеска автомобиля: Учебное пособие. Кузнецов В.А, Дьяков И.Ф. – Ульяновск: УлГТУ,2003. – 64 с.ISBN 5-89146-200-0
- 16.Певзнер Я.М. Пневматические и гидропневматические подвески. / Я.М Певзнер, А. М. Горелик. М.: Машгиз, 1963.
- 17.Конструирование и расчет автомобиля. / П. П. Лукин и др. М.: Машиностроение, 198.
- 18.Гришкевич А. И.Автомобили: Теория: Учебник для вузов. — Мн.: Выш. шк., 1986. — 208 с: ил.
- 19.Конструирование и расчет автомобиля: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Автомобили и тракторы"/ П.П. Лукин, Г.А. Гаспарянц, В.Ф. Родионов. - Машиностроение, 1984. - 376 с., ил.
- 20.Оснoвы констpукции автомобіля. – М.ООО «Книжное издательство «За рулем», авторы: Иванов А.М., Солнцев А.Н., 2005.-336 с.
- 21.Дербаремдикер А.Д. Амортизаторы транспортных машин. – М.: Машиностроение, 1985. – 199 с.
- 22.Пановко Я.Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. – Л.: Машиностроение, 1976. – 320 с.

		Цимбалюк А.С.			ДПМА61-2.09.000.000 ПЗ	Арк.
		Ночніченко І.В.				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		74